
PROGRAMA DOUTORAL
em
SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAIS



**AMBIENTE TÉRMICO COMO INSTRUMENTO
DE GESTÃO NA CONSTRUÇÃO EM ALTURA**

Hélio Cavalcanti Albuquerque Neto

Orientador: Professor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Universidade do Porto)

Orientador externo: Professor Béda Barkokébas Júnior (Universidade de Pernambuco)

2016



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt ISN: 3599*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a todos que contribuíram para a conclusão desse trabalho, principalmente ao Professor João Santos Baptista e Béda Barkokébas Júnior pelos enormes ensinamentos e grande empenho em me ajudar a desenvolver a presente tese.

RESUMO

O estudo sobre ambiente térmico ofertou uma contribuição direta no cenário industrial dado que se pode controlar ou amenizar parâmetros ambientais externos, permitindo maior bem-estar para o trabalhador assim como maior produtividade para a empresa. Por outro lado, o ramo de edificações da construção civil está em crescente desenvolvimento, porém é extremamente vulnerável a intempéries, principalmente quando a edificação possui elevada altura. Assim, emerge a necessidade de se conhecerem os efeitos que o ambiente térmico pode causar no homem, buscando a minimização do seu impacto no espaço de trabalho e melhorando assim a produtividade dos trabalhadores, além de possibilitar subsídios para métodos mais eficazes no processo de edificação. Do exposto, a presente tese tem o objetivo de traçar um perfil concatenador das temáticas de ambiente térmico, construção de edificações em altura e produtividade, tendo em vista que a pesquisa bibliográfica exaustiva sobre esses temas, evidenciou a vacância de contribuições científicas. Para isso, verificou-se a variação do ambiente térmico conforme a altura e a percepção do ambiente térmico por parte dos trabalhadores. A recolha de dados foi efetuada em três prédios em construção na cidade de Recife-Brasil, mensurando no primeiro momento o estresse térmico em diferentes alturas e no segundo momento o estresse térmico no ambiente laboral, no qual simultaneamente aplicou-se um questionário para saber a percepção do ambiente térmico perante aos trabalhadores. Constatou-se que a temperatura tende a cair conforme a elevação da altura das edificações, ao mesmo tempo que a umidade tende a subir conforme aumenta-se a altura. Isso permite atestar que para um clima quente e úmido, o trabalho pode ser melhor desempenhado quando se está em alturas mais elevadas pois reduz o estresse térmico. Em seguida buscou-se verificar a diferença de produtividade na construção em comparação com diferentes alturas por intermédio de modelos existentes na literatura. Observou-se que dois modelos evidenciavam tal diferença, contudo cada um deles possuem limitações que influenciam a quantificação da produtividade, além de resultar valores que não correspondem com o padrão real da cidade alvo de estudo. Ademais, ratifica-se que a percepção dos trabalhadores não está em plena sintonia com a variação dos parâmetros ambientais, a salvo a temperatura, e que os modelos matemáticos de produtividade existentes para construção possuem algumas limitações de aplicação. Portanto, a tese desenvolvida irá contribuir significativamente, nos meios acadêmico e empresarial, visto que supre a lacuna dos temas ainda não estudados e oferece alternativas de uma melhor tomada de decisão por parte dos gestores. Por fim, elenca-se uma série de sugestões para trabalhos futuros visando auxiliar na difusão do conhecimento na temática em questão.

Palavras-chave: ambiente térmico, edificações, produtividade, sensação térmica, construção em altura.

ABSTRACT

The study on thermal environment has offered a direct contribution in the industrial scenario since it can control or mitigate external environmental parameters, allowing greater welfare for the worker as well as increased productivity for the company. On the other hand, the branch of construction buildings is constantly developing, but it is extremely vulnerable to weather, especially when the building is high rise. Thus emerges the need to know the effects of the thermal environment may cause in the man, seeking to minimize its impact on the workspace and thus improving worker productivity, beyond improving subsidies to effective methods in the building process. From the above, this thesis aims to draw a concatenator profile issues of thermal environment, construction of buildings in height and productivity, considering that comprehensive literature on these subjects showed the absence of scientific contributions. To this, it was noted the change in thermal environment as the height and the perception of the thermal environment for workers. The data collection was carried out in three buildings under construction in the city of Recife, measuring at first moment the heat stress at different times and, in the second moment the thermal stress in the work environment, in which was both applied a questionnaire to find out the perception of thermal environment of the workers. It was found that the temperature tends to fall as the increase the height of the construction at on the same time the moisture tends to rise as the height is increased. This allows to conclude that to a warm and humid climate, the work can be better fulfilled when it is at higher floor because it reduces heat stress. After that, was tried to verify the difference of productivity in the construction in comparison with different heights by means of models existent in the literature. It was observed that two models showed such a difference, but each one has limitations that influence the quantification of productivity, besides results that do not correspond to the real standard of the target city of study. Furthermore, it was confirmed that the perception of the workers is not fully in line with the change in environmental parameters, with the temperature exception, and the mathematical models of existing productivity for construction have some application limitations. Therefore, the thesis developed will contribute significantly in the academic and business worlds, as it supplies the gap of not yet studied themes and offers alternatives for better decision making by managers. Finally, lists a series of suggestions for further work aimed at assisting in the diffusion of knowledge of the subject involved.

Keywords: thermal environment, buildings, productivity, thermal sensation, building height.

CONTENTS

1	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	O ambiente térmico, a produtividade e a construção de edificações.....	3
1.2	Justificativa.....	4
1.3	Estrutura da Tese	7
2	ESTADO DA ARTE	9
2.1	Abordagem preliminar sobre ambiente térmico, construções e produtividade	9
2.2	Revisão sistemática sobre produtividade e construção.....	11
2.3	Revisão narrativa sobre questionários aplicados em ambientes externos	13
2.4	O ambiente térmico	20
2.4.1	O ambiente interior.....	22
2.4.2	O ambiente semi-exterior	22
2.4.3	O ambiente exterior	23
2.5	O conforto térmico.....	24
2.5.1	Temperatura do ar	26
2.5.2	Temperatura radiante média.....	27
2.5.3	Umidade do ar	28
2.5.4	Velocidade do ar.....	29
2.5.5	Metabolismo.....	30
2.5.6	Vestuário	30
2.5.7	Outros parâmetros que afetam o conforto térmico.....	31
2.6	Os índices de ambiente térmico.....	32
2.7	A utilização de questionários na avaliação do ambiente térmico	34
2.8	Breve histórico do ambiente térmico e suas relações com as edificações.....	35
2.9	A construção de elevadas edificações	37
2.10	Condições climáticas que afetam as construções	38
2.11	Conforto térmico nas edificações	41
2.12	Produtividade na construção de edificações	42
2.13	A relação entre conforto térmico, produtividade e edificações	45
3	Objetivo da Tese	47

4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	49
4.1	Critérios para seleção dos prédios	49
4.2	Mensurações físicas da variação do ambiente térmico conforme a mudança de altura	49
4.3	Percepção do conforto térmico.....	52
4.3.1	Análise das publicações	52
4.3.2	Elaboração do questionário	53
4.3.3	Aplicação do questionário e mensuração dos parâmetros ambientais	53
4.4	Procedimentos para análise geral dos dados mensurados	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1	Parâmetros ambientais que variam com a altura da construção	59
5.1.1	Resultados para o Prédio 1	59
5.1.2	Resultados para o Prédio 2.....	63
5.1.3	Resultados para o Prédio 3.....	67
5.1.4	Constatações gerais sobre os resultados dos Prédios 1, 2 e 3	71
5.2	Variação da produtividade com a altura.....	73
5.2.1	Modelo de Mohamed e Srinavin.....	74
5.2.2	Modelos de Koehn e Brown e de Thomas e Yiakoumis.....	77
5.3	Percepção do conforto térmico.....	81
5.3.1	Resultados das análises	81
5.3.2	Estruturação e definição do questionário	88
5.3.3	Resultados e discussão da aplicação dos questionários e das mensurações dos parâmetros ambientais.....	90
6	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	113
6.1	Conclusões.....	113
6.2	Perspetivas Futuras.....	114
7	BIBLIOGRAFIA.....	117
	ANEXO A – Planta baixa do Prédio 1	144
	ANEXO B – Planta baixa do Prédio 2.....	145
	ANEXO C – Planta baixa do Prédio 3.....	146
	ANEXO D – Número de classes e sua relação com as variáveis	147
	APÊNDICE A - Questionário proposto.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Variação da temperatura da cidade de Recife entre os anos de 2001 a 2011	6
Figura 2 – Variação da umidade da cidade de Recife entre os anos de 2001 a 2011.....	6
Figura 3 – Fluxo de informações através das diferentes fases de uma revisão sistemática.	13
Figura 4 – Regiões geográficas onde estão localizados os Prédios 1 e 2 (a) e Prédio 3 (b)	49
Figura 5 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, bulbo úmido e do globo do Prédio 1, conforme a variação em altura	59
Figura 6 – Diferenças entre as umidades no Prédio 1 do rés-do-chão para os diferentes andares	60
Figura 7 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 1	61
Figura 8 – Diferenças entre as temperaturas do globo, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 1	61
Figura 9 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo úmido, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 1	62
Figura 10 – Diferenças entre as umidades, de acordo com a variação dos pavimentos no Prédio 1	63
Figura 11 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, bulbo úmido e do globo do Prédio 2, conforme a variação em altura	64
Figura 12 – Diferenças entre as umidades do Prédio 2, conforme a variação em altura	65
Figura 13 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 2	65
Figura 14 – Diferenças entre as temperaturas do globo, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 2	66
Figura 15 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo úmido, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 2	66
Figura 16 – Diferenças entre as umidades, de acordo com a variação dos pavimentos no Prédio 2	67
Figura 17 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, bulbo úmido e do globo do Prédio 3, conforme a variação em altura	68
Figura 18 – Diferenças entre as umidades do Prédio 3, conforme a variação em altura	68
Figura 19 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 3	69
Figura 20 – Diferenças entre as temperaturas do globo, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 3	69

Figura 21 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo úmido, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 3	70
Figura 22 – Diferenças entre as umidades, de acordo com a variação dos pavimentos no Prédio 3	71
Figura 23 – Comparativo das diferenças do índice WBGT para cada Prédio e pavimento, conforme a variação em altura	73
Figura 24 – Comparativo dos modelos de Mohamed e Srinavin para o rés do chão (PL 0, PM 0, PH 0) e décimo andar (PL 10, PM 10, PH 10).....	74
Figura 25 – Comparativo dos modelos de Mohamed e Srinavin para o rés do chão (PL 0, PM 0, PH 0) e vigésimo andar (PL 20, PM 20, PH 20).....	75
Figura 26 – Comparativo dos modelos de Mohamed e Srinavin para o rés do chão (PL 0, PM 0, PH 0) e trigésimo andar (PL 30, PM 30, PH 30)	76
Figura 27 – Comparativo dos modelos de Koehn e Brown (K&B) e Thomas e Yiakoumis (T&Y) para o rés do chão (K&B 0, T&Y 0) e décimo andar (K&B 10, T&Y 10).....	77
Figura 28 – Comparativo dos modelos de Koehn e Brown (K&B) e Thomas e Yiakoumis (T&Y) para o rés do chão (K&B 0, T&Y 0) e vigésimo andar (K&B 20, T&Y 20).....	78
Figura 29 – Comparativo dos modelos de Koehn e Brown (K&B) e Thomas e Yiakoumis (T&Y) para o rés do chão (K&B 0, T&Y 0) e trigésimo andar (K&B 30, T&Y 30)	79
Figura 30 – Fatores individuais presentes nos artigos selecionados	81
Figura 31 – Percepção/sensação térmica presente nos artigos científicos	82
Figura 32 – Avaliação térmica presente nos artigos científicos.....	83
Figura 33 – Preferência térmica presente nos artigos científicos.....	83
Figura 34 – Percepção da temperatura do ar presente nos artigos científicos	84
Figura 35 – Preferência da temperatura do ar presente nos artigos científicos.....	84
Figura 36 – Percepção do vento presente nos artigos científicos	85
Figura 37 – Preferência do vento presente nos artigos científicos.....	85
Figura 38 – Percepção da radiação solar presente nos artigos científicos	86
Figura 39 – Preferência da radiação solar presente nos artigos científicos	86
Figura 40 – Percepção da umidade presente nos artigos científicos	87
Figura 41 – Preferência da umidade presente nos artigos científicos	87
Figura 42 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Idade entre os prédios.....	92
Figura 43 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Altura entre os prédios	93
Figura 44 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Peso entre os prédios	93
Figura 45 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável IMC entre os prédios	94

Figura 46 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Tempo de Residência entre os prédios	95
Figura 47 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Tempo de Atuação na Indústria entre os prédios.....	95
Figura 48 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Temperatura do bulbo seco entre os prédios.....	97
Figura 49 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Temperatura de bulbo úmido entre os prédios.....	97
Figura 50 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Temperatura de globo entre os prédios	98
Figura 51 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Umidade.....	98
Figura 52 – Histograma de frequências e <i>boxplot</i> para a variável Velocidade do ar	99
Figura 53 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Sensação entre os prédios	100
Figura 54 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável sensação de Conforto entre os prédios	101
Figura 55 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Preferência entre os prédios	102
Figura 56 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Tolerância entre os prédios	103
Figura 57 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Percepção da temperatura do ar	103
Figura 58 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Percepção da umidade do ar	104
Figura 59 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Percepção da radiação solar	105
Figura 60 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Percepção da velocidade do vento	106
Figura 61 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Modificação da temperatura do ar	106
Figura 62 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Modificação da umidade do ar	107
Figura 63 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Modificação da radiação solar	108
Figura 64 – Gráfico de barras e <i>boxplot</i> para a variável Modificação da velocidade do vento ..	108

ÍNDICE DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Sítios do MetaLib® onde foram pesquisados	9
Tabela 2 – Sítios do MetaLib® que não foram pesquisados.....	10
Tabela 3 – Número de publicações encontradas por cada combinação de palavras-chave	10
Tabela 4 – Procedimentos de exclusão de publicações.....	12
Tabela 5 – Procedimentos de elegibilidade dos artigos científicos.....	12
Tabela 6 – Procedimentos de exclusão dos artigos e número de publicações excluídas	14
Tabela 7 – Parâmetros oriundos da subdivisão das temperaturas e suas respectivas características gerais	27
Tabela 8 – Índices de ambiente térmico e suas características	33
Tabela 9 – Parâmetros ambientais e seus respectivos equipamentos utilizados na mensuração do ambiente térmico.....	50
Tabela 10 – Protocolos para avaliação subjetiva do ambiente térmico.....	52
Tabela 11 – Parâmetros ambientais e seus respectivos equipamentos utilizados na mensuração do ambiente térmico.....	54
Tabela 12 – Associação do coeficiente de correlação e classificação de sua relação	56
Tabela 13 – Relação entre o tipo de atividade executada e o regime de trabalho.....	73
Tabela 14 – Questões relacionadas a dados demográficos	88
Tabela 15 – Questões relacionadas ao estado térmico descritos na ISO 10551 (1995)	89
Tabela 16 – Questões adicionais relativas ao ambiente externo	90
Tabela 17 – Quantificação do número de trabalhadores entre os prédios para aplicação do questionário	91
Tabela 18 – Respostas obtidas de forma equalizada	92
Tabela 19 – Resultados obtidos das correlações das variáveis do Prédio 1	109
Tabela 20 – Resultados obtidos das correlações das variáveis do Prédio 2	110
Tabela 21 – Resultados obtidos das correlações das variáveis do Prédio 3	111
Quadro 1 – Principais características obtidas das 37 publicações elegíveis.....	15
Quadro 2 – Principais características sob enfoque das variáveis da ISO 10551.....	18
Quadro 3 – Principais características sob enfoque da percepção dos indivíduos.....	19

LISTA DE SIGLAS

AED	Análise Exploratória de dados
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CID	Classificação Internacional de Doenças
CTBUH	Council on Tall Buildings and Urban Habitat
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
ICU	Ilha de Calor Urbano
IMC	Índice de Massa Corporal
INCC	Índice Nacional de Custo da Construção
ISO	International Organization for Standardization
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
NR	Norma Regulamentadora
PAIC	Pesquisa Anual da Indústria da Construção
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
TRM	Temperatura Radiante Média

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 O ambiente térmico, a produtividade e a construção de edificações

Desde os primórdios o ambiente térmico exerce uma influência vital na vida do ser humano. A sua importância vai desde os meios necessários para a sobrevivência até as práticas desempenhadas na sua rotina diária. Isso o torna um fator primordial na tomada de decisão dos pontos de vista da comodidade e do desempenho.

Ao longo da história, o homem adaptou-se a várias condições ambientais, procurando aquelas que proporcionavam maior sensação de bem-estar, ou seja, maior nível de conforto e melhores condições de sobrevivência. Neste sentido, foram desenvolvidas abordagens adaptativas tanto nos aspectos comportamentais, culturais, físicos e fisiológicos. Do ponto de vista comportamental, têm-se distintas características como alterações no vestuário, variações na intensidade de execução da atividade, ingestão de líquidos quentes ou frios, abertura ou fecho de portas e janelas (YAO; LI; LIU, 2009), entre outros. Tais abordagens possuem o intuito de minimizar o stress e/ou a fadiga decorrente do desconforto térmico, legitimando a importância da adoção de estratégias para minimização dos seus efeitos.

Distintos setores de trabalho exigem esforços físicos extenuantes. Dois grandes exemplos são a construção civil e a agricultura, cujas tarefas geram grande quantidade de calor, ocasionando elevado stress térmico (PÉREZ-ALONSO et al, 2011). A eficiência destes setores está relacionada diretamente com as condições térmicas do ambiente, devido à exposição dos trabalhadores aos fatores climáticos e perante a impossibilidade de um eficaz controle térmico. Além disso, verifica-se que nos últimos anos houve um crescimento exponencial da construção civil, em particular o ramo de edificações, nos países que estão em pleno desenvolvimento económico.

Ainda relativo aos países em franco desenvolvimento, tem-se que a verticalização das edificações é impulsionada pelo crescimento da população e custos dos terrenos. Paralelamente, esse fator acarreta menor custo de construção das edificações quando comparado com as residências distribuídas, visto o teto de um pavimento pode ser o piso de outra morada. Por outro lado, ainda permite maior segurança para as pessoas que habitam nestes edifícios, pois viabiliza a existência de um sistema de vigilância único (SILVA; NASCIMENTO; BITOUN, 2009).

O objetivo principal dos edifícios é servir de abrigo do Sol, vento, frio e chuva (PITARMA et al, 2004), assim como atuar como zonas tampão contra o calor no verão (esfriando-o) e frio no inverno (aquecendo-o) (BURROUGHS; HANSEN, 2011; SAILOR, 2014). Ademais, grandes concentrações de concreto e materiais retentores de energia podem provocar o surgimento de ilhas de calor urbano (GIRIDHARAN; GANESAN; LAU, 2004). Estes fatos são decisivos no tocante a variação do ambiente térmico e por consequência na variabilidade das condições de conforto térmico das pessoas que ali residem ou trabalham. No Brasil o conforto térmico tem sido alvo de

muitos estudos desde a década de 80, porém tais estudos são voltados para ambientes internos (RANCURA, 2011) sendo difícil encontrar estudos para ambiente exterior.

Além disso, são escassas as pesquisas que focam o ambiente térmico durante a construção das edificações, assim como a relação da produtividade dos trabalhadores, decorrente das variações das condições de trabalho. Entre os poucos exemplos podem ser referidos os estudos de Mohamed e Srinavin (2002), os quais relacionam a produtividade dos trabalhadores da construção civil com o ambiente térmico por intermédio de um índice de conforto que agrega um conjunto de condições climáticas e parâmetros de vestuário.

Alguns anos mais tarde, Lopes (2007) procurou diagnosticar as condições de conforto térmico a que os trabalhadores da construção estavam expostos, utilizando como referência as Normas da International Organization for Standardization (ISO) 7243 (1989), 7933 (2004), 7730 (2005). Esse trabalho foi segmentado nas seguintes etapas: construção das fundações e da estrutura de concreto armado, execução das alvenarias e instalação das redes técnicas e demais instalações, acabamentos em geral.

Em paralelo a tais estudos focados na indústria da construção, tem-se que o ambiente térmico é influenciado conforme ocorre uma variação de altitude. À medida que a altitude aumenta o ar torna-se mais rarefeito e mais frio, o que ocasiona uma diminuição de temperatura (FEITOSA; 2010). Além disso, há maior circulação do vento, pois não há grandes barreiras físicas para se oporem à circulação do ar.

Assim, na sequência de todo este conhecimento coloca-se a questão se **é possível adotar o ambiente térmico como fator variável de gestão, condicionante da produtividade, nas construções em altura?**

Para isso, levantam-se as seguintes hipóteses de estudo:

1. O ambiente térmico varia com a altura!
2. A sensação térmica varia de acordo com o ambiente térmico!

Estas hipóteses servem de base à presente tese, e serão trabalhadas mais profundamente no estado da arte.

1.2 Justificativa

É sabido que o crescimento populacional acarreta uma elevação nos números referentes à construção, em particular nas edificações. Atualmente as cidades brasileiras, em especial as capitais litorâneas, vivem um período áureo no que diz respeito à construção civil. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2011), entre os anos de 2004 e 2010, houve um crescimento de 42,41% na construção civil, o que representa uma taxa média anual de 5,18%. Tais fatos têm por base o enorme crescimento da economia brasileira nos últimos anos, além de distintos incentivos políticos ao referido setor.

Contudo, os países europeus possuem uma eficiência produtiva maior que o Brasil, dado que o segmento de edificações brasileiro possui baixa eficiência produtiva, além da qualidade dessa ser insatisfatória (MELLO, 2008). Sob o prisma de uma relação percentual quantitativa, a produtividade europeia é quase 30% superior à brasileira (MELLO; AMORIM, 2009), demonstrando que há uma imensa lacuna que precisa ser diminuída o mais rápido possível. Ademais, os autores ainda evidenciam que o prazo médio para obras de edificação no Brasil é duas vezes maior do que o despendido nas construções europeias. No tocante a dados nacionais, verifica-se que no Brasil o setor da construção civil apresentou uma perda de produtividade real por trabalhador de 30,2%, entre o período de 2003 a 2007 (MONTEIRO FILHA et al, 2010); (PAIC, 2010); (INCC, 2012). No entanto, os autores não justificaram a causa dessa perda de produtividade.

Um dos fatores com efeito direto na produtividade é o ambiente térmico. Sabe-se que esse diminui quando a temperatura e umidade sobem. Outrossim, a temperatura e a umidade também variam com a altura. Quando se faz construção em altura, a conjugação destes dois fatores pode ser determinante para a otimização tanto das condições de trabalho como da produtividade. Consequentemente terão grande influência, tanto no cumprimento dos prazos de construção como na rentabilidade dos empreendimentos, o que demonstra a sua importância.

Ao estudar a relação entre o ambiente térmico e a produtividade em diferentes níveis de altura nos prédios, podem-se proporcionar elementos que permitam um planejamento mais eficaz das atividades na obra. Deste modo será possível desenvolver estudos que melhorem a produtividade dos trabalhadores contribuindo para o seu conforto e, ao mesmo tempo, obtendo uma maior eficiência produtiva. Isso irá contribuir para o cumprimento dos cronogramas estipulados e evitar custos adicionais por atrasos na conclusão dos empreendimentos. Da pesquisa efetuada não foram encontrados trabalhos científicos que mensurem a influência do ambiente térmico na produtividade dos trabalhadores no tocante à construção em altura. No entanto, existem evidências de que a produtividade varia com o ambiente térmico e este varia com a altura. Nesse contexto considera-se a presente tese como um estudo que trás consigo benefícios mensuráveis na identificação da relevância do ambiente térmico e da altura na produtividade dos trabalhadores, permitindo, em paralelo, a melhoria das condições de trabalho.

O trabalho desenvolvido na cidade de Recife (Brasil) permite o registro das diferentes condições ambientais consideradas fundamentais para a elaboração do modelo que relacione produtividade e ambiente térmico. A escolha da cidade ocorre devido à grande importância econômica na região em que se situa. Além disso, a cidade de Recife por sua vez, é referência em empregos em todo o Nordeste. Segundo dados da Fundação DIEESE (2012), a grande maioria das vagas abertas na Região Nordeste no ano de 2011 foi atribuída à região metropolitana de Recife, sendo que dos 135 mil empregos criados nesse período, 76 mil foram oriundos do setor da construção civil. No tocante aos parâmetros ambientais climáticos, Recife é caracterizado pela alta intensidade de radiação solar durante todo o ano devido à baixa latitude, ou seja, proximidade a linha do Equador (GOMES, 2011).

Contudo, devem-se averiguar as condições climatológicas dos últimos anos da cidade, a fim de verificar se há, efetivamente, grande variação da temperaturas e umidade. No caso da cidade de Recife, não foram verificadas grandes variações conforme exibe a compilação de dados do BDMEP (2012) representados na Figura 1 e na Figura 2. Evidencia-se deste modo a viabilidade de obtenção de resultados significativos a partir de uma coleta de dados que ocorra durante o período de um ano.

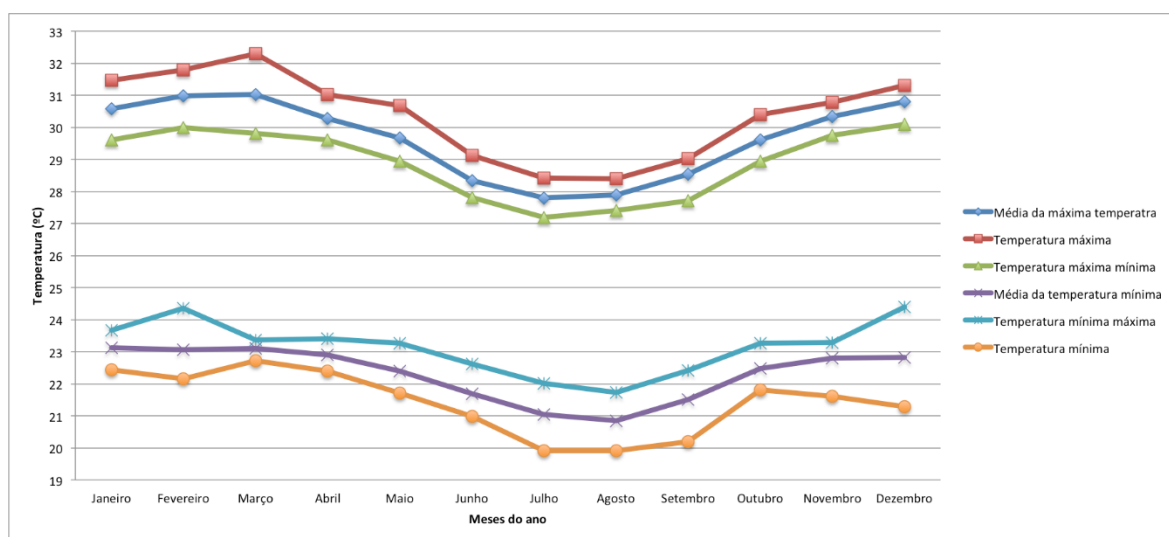


Figura 1 – Variação da temperatura da cidade de Recife entre os anos de 2001 a 2011

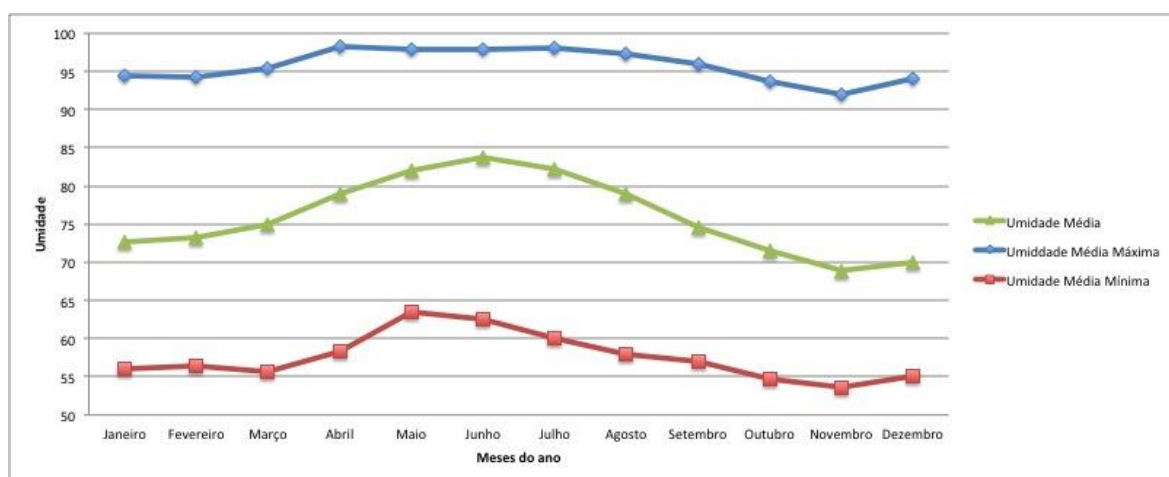


Figura 2 – Variação da umidade da cidade de Recife entre os anos de 2001 a 2011

Tendo em atenção os dados da temperatura e da humidade dos últimos anos (Figura 1 e Figura 2), é possível identificar quais os períodos do ano que representam o inverno (Julho, Agosto e Setembro) e os que representam o verão (Janeiro, Fevereiro e Março). Ademais, pode-se dissertar que a cidade está situada na latitude $8^{\circ} 05'$ Sul e na longitude $34^{\circ} 88'$ oeste de Greenwich, cuja altitude média é de 4 metros (NÓBREGA; LEMOS, 2011). Isso permite considerar que o clima é

do tipo tropical quente e úmido, com verão seco e chuvas de outono-inverno de acordo com a classificação climática de Koppen-Geiger.

1.3 Estrutura da Tese

A presente pesquisa insere-se em dois contextos: (1) Segurança e Saúde Ocupacional e (2) Engenharia de Produção. O primeiro contexto ocorre devido à melhor compreensão da influência dos parâmetros do ambiente térmico durante a construção de edificações com elevadas alturas, permitindo elencar procedimentos que visem um melhor bem-estar do trabalhador. O segundo contexto, torna-se oriundo da possibilidade de desenvolver uma série de procedimentos que visem uma melhor gestão na construção de edificações, levando em consideração a exposição do trabalhador aos parâmetros ambientais. Do exposto, a presente tese está estruturada em seis capítulos que são sucintamente descritos a seguir, caracterizando as principais ações efetivadas para sua sustentação.

O primeiro capítulo aborda os aspectos introdutórios da tese, evidenciando sucintamente a tríade da relação ambiente térmico, construção de edificações e produtividade, os quais permitem suportar o trabalho de investigação. Diante dessa, pode-se elaborar as hipóteses de investigação e por conseguinte embasar toda a justificativa que norteia a tese.

O segundo capítulo abrange o estado da arte sobre os temas relacionados com a tese. Nele são elucidados os tipos e índices de ambiente térmico, além do conforto térmico e seus principais fatores de influência. Ademais, são elucidadas as vertentes da construção de edificações e da produtividade, relacionando-as com o ambiente térmico. Isso permite delinear o objetivo proposto.

O terceiro capítulo elucida o objetivo geral da tese, assim como os seus objetivos específicos. Embora seja o capítulo mais sucinto da tese de doutoramento, ele é de grande importância dado que enfoca todo intuito da pesquisa.

O quarto capítulo elenca todos os procedimentos metodológicos que alicerçam a tese. Descrevem-se todas as etapas seguidas, desde os critérios de escolha dos prédios para o estudo empírico, passando pelas técnicas de mensuração dos parâmetros ambientais e de percepção do conforto humano. Ressalta-se que ainda se apresenta os procedimentos gerais adotados na análise dos resultados.

O quinto capítulo apresenta as constatações realizadas a partir dos dados coletados, evidenciando os principais resultados aferidos, assim como sua discussão.

O sexto capítulo expõe as conclusões da pesquisa, assim como suas limitações e sugestões para trabalhos futuros.

Ao final são listadas as Referências, tendo posteriormente os ANEXOS do estudo.

2 ESTADO DA ARTE

Neste capítulo são apresentados os estudos científicos que conduzem o tema da presente tese, tendo como enfoque a apresentação inicial dos procedimentos metodológicos de recolha de dados da literatura, e, por conseguinte uma abordagem atual sobre ambiente térmico, construção de edificações e produtividade.

2.1 Abordagem preliminar sobre ambiente térmico, construções e produtividade

Com o intuito de investigar os trabalhos científicos que norteiam as hipóteses de investigação da tese, realizou-se uma revisão narrativa que contemple os temas em questão, para assim delinear a área em estudo. Diante disso, a revisão concentrou-se em estudos científicos publicados entre os anos de 2002 e 2012, o que denota o caráter atual da pesquisa. Isso permite encontrar conceitos, modelos, regras e casos em que os temas abordados (ambiente térmico, edifícios e produtividade) estão incluídos. Para esse efeito, mais de 60 sítios eletrônicos de trabalhos científicos de âmbito divulgação internacional foram pesquisados, utilizando-se o portal de pesquisas MetaLib da ExLibris®, que é um sistema de meta-busca, também chamado de ferramenta de pesquisa federado (HAYA; NYGREN; WIDMARK, 2007), o qual possui uma interface familiar, sendo acessível a partir de qualquer lugar parte do globo (SADEH, 2012). O acesso a estes recursos ocorreu por intermédio do Serviço de Documentação e Informação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (SDI-FEUP), efetuando as buscas na categoria “Engenharias”. Dentre os recursos anteriormente citados, escolheram-se apenas as bases de dados e revistas científicas, pois estes apresentam uma série de portais que possuem periódicos indexados. No total, o MetaLib® apresenta 28 bases de dados e 34 sítios de revistas científicas, porém para o desenvolvimento do presente estudo utilizaram-se todos os sítios do MetaLib® nos quais constam na Tabela 1.

Tabela 1 – Sítios do MetaLib® onde foram pesquisados

Tipos	Nome dos sítios pesquisados
Base de dados	AcademicSearch Complete, AGRICOLA Articles, ChemWeb, Business Source Complete, CiteSeerX, Compendex, CurrentContents, Energy CitationsDatabase, ERIC, Inspec, Library Information Science & Technology Abstracts (LISTA), MEDLINE, PsycArticles, PsycCRITIQUES, PubMed, SCOPUS, SourceOECD, TRIS Online, Web of Science e Zentralblatt MATH
Revistas científicas	ACM Digital library, ACS Journals, AHA Journals, Annual Reviews, ASME, BioMed Central Journals, Cambridge Journals Online, ASCE, Directory of Open Access Journals (DOAJ), Emerald, Geological Society of America (GSA), Highwire Press, IEEE Xplore, Taylor and Francis, Ingenta, IOPscience Journals, MetaPress, nature.com, Oxford Journals, Project Muse, Royal Society of Chemistry, SAGE, SciELO, Science Magazine, ScienceDirect, SIAM, Scitation, SpringerLink, The Chronicle of Higher Education e Wiley Online Library

A partir das informações oriundas da Tabela 1, constata-se que ela é composta por 20 bases de dados e 30 sítios de revistas científicas, o que difere do que foi explicitado anteriormente, dado que o MetaLib® apresenta 28 bases de dados e 34 sítios de revistas científicas. Assim, 12 sítios do MetaLib® não foram pesquisados devido ao acesso estar duplicado em relação a outras bases

ou não está de acordo com os objetivos pretendidos. Com o intuito de explicitar o fato ocorrido, a Tabela 2 exhibe o nome dos sítios que não foram pesquisados, assim como sua respectiva explicação de não utilização.

Tabela 2 – Sítios do MetaLib® que não foram pesquisados

Tipos	Nome dos sítios	Explicação para a exclusão da pesquisa
Base de dados	AGRICOLA Books	Apresenta apenas dados de livros
	Arts & Humanities Citation Index	Redireciona para a base de dados Web of Science
	Criminal Justice Periodicals	Não estava acessível no período da pesquisa
	Datamonitor	Busca informações por marketing
	Science Citation Index	Busca informações de negócios para clientes
	Science & Technology Proceedings	Busca citações referentes à BD da Web of Science
	Social Sciences Citation Index	Verifica indexações
Revistas científicas	Social Sciences & Humanities Proceedings	Redireciona para a base de dados Web of Science
	AMA Journals	Não permite a pesquisa por abstract ou título
	AIP Journals	A busca apresentada é igual ao da Scitation
	Political Science: A SAGE Full-TextCollection	Redireciona para a base de dados SAGE
	Sociology: A SAGE Full-TextCollection	Redireciona para a base de dados SAGE

Com a finalidade de caracterizar o tema em estudo, escolheram-se oito palavras para compor a pesquisa, a saber: "*thermal environment*", "*thermal comfort*", "*building*", "*construction*", "*model*", "*height*", "*thermal*" e "*skyscrapers*". Em contrapartida, deve-se ressaltar que essas palavras-chave passaram por um processo de combinação com o intuito de obter resultados mais direcionados ao tema, a partir da utilização do operador lógico "AND". Ademais, a busca ocorreu no resumo da publicação científica, contudo quando não foi possível efetuar-la mediante ao resumo, buscou-se no título da publicação. Portanto, as combinações realizadas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Número de publicações encontradas por cada combinação de palavras-chave

Número de combinações	Palavras-chave	Número de publicações encontradas
1	" <i>thermal environment</i> " AND " <i>building</i> "	1510
2	" <i>thermal environment</i> " AND " <i>construction</i> "	304
3	" <i>thermal environment</i> " AND " <i>construction</i> " AND " <i>model</i> "	135
4	" <i>thermal environment</i> " AND " <i>height</i> "	199
5	" <i>thermal comfort</i> " AND " <i>height</i> "	207
6	" <i>thermal</i> " AND " <i>skyscrapers</i> "	20

De acordo com a Tabela 3, constata-se um total de 2375 publicações encontradas por intermédio das combinações utilizadas. Com base nestes resultados, deu-se início a leitura das publicações para confirmar qual deles pode ser relevante para a composição do presente estado da arte. Assim, o método utilizado para a aceitação/exclusão da obra era: a adequação para fins do objetivo da tese; referencial teórico que possua confiabilidade científica; procedimentos metodológicos explícitos e bem estruturados; entrecruzamento e desenvolvimento da análise dos resultados das palavras-chave utilizadas.

2.2 Revisão sistemática sobre produtividade e construção

Efetuada a abordagem preliminar no tocante ao objetivo alvo de estudo, constatou-se que o ambiente térmico é o tema delineador da tese, atrelando juntamente a ele a construção de edificações e a produtividade. Diante dessa premissa, buscou-se realizar uma revisão sistemática sobre a relação entre construção e produtividade o que pode evidenciar o atual panorama de estudos existentes, auxiliando no desenvolvimento do estado da arte. Ademais, com a finalidade de oferecer uma descrição meticulosa de todas as etapas a serem executadas na elaboração da revisão adotou-se a declaração PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) que é uma ferramenta para ajudar a melhorar a clareza e transparência das publicações de revisões sistemáticas (URRÚTIA; BONFILL, 2010).

A pesquisa por artigos científicos compreendeu os temas atuais relevantes para a temática, abrangendo os dados e as informações científicas que se desdobram sobre o ambiente térmico e seu impacto na produtividade. Para alcançar esse fim, utilizaram-se procedimentos semelhantes à revisão narrativa descrita anteriormente, no tocante a buscas em bases de dados e revistas científicas conforme foi mostrado nas Tabelas 1 e 2. Posteriormente, adotaram-se nove combinações de palavras-chave sendo elas: 1) “*thermal environment*” AND *productivity*; 2) “*thermal comfort*” AND *productivity*; 3) “*cold environment*” AND *productivity*; 4) “*warm environment*” AND *productivity*; 5) “*cool environment*” AND *productivity*; 6) “*hot environment*” AND *productivity*; 7) “*thermal sensation*” AND *productivity*; 8) “*thermal stress*” AND *productivity*; 9) “*thermal discomfort*” AND *productivity*. Ressalta-se que tais palavras-chave devem ser localizadas no resumo da publicação científica ou no título, utilizando o mesmo critério já explicitado no final da subseção anterior. Tais palavras-chave foram pesquisadas entre o dia 21 a 26 de Abril de 2015, não existindo qualquer triagem a partir do ano, ou seja, todas elas foram verificadas independentemente do ano de publicação.

Após as buscas obteve-se um total de 3870 publicações que foram dispostas em um banco de dados em formato de planilha eletrônica, que permitiu relatar informações referentes a um determinado artigo, tendo como exemplo o ano da publicação e nome do periódico no qual o consta. Esse banco de dados possibilitou a seleção das publicações em relação aos critérios de exclusão/elegibilidade adotados. Com o critério de obter um rigor científico nas buscas adotaram-se os seguintes métodos para os critérios de exclusão das publicações: (1) selecionar apenas artigos científicos, excluindo demais tipos de publicações, tais como: editoriais, cartas ao editor, anais de conferências, memoriais, definições de enciclopédias, artigos de opinião e artigos em magazine (BARKOKÉBAS Jr. et al, 2014); (2) selecionar jornais científicos que possuam um processo de revisão por pares, pois muitos cientistas e editores acreditam que esta é a melhor abordagem disponível para a garantia da qualidade científica (PÖSCHL; KOOP, 2008); 3) identificar quais os artigos que são repetidos; 4) identificar quais os artigos que não estão disponíveis para leitura; 5) identificar quais os artigos que não foram escritos em português, inglês e espanhol dado que o autor tem fluência nesses idiomas.

Por conseguinte, a Tabela 4 exhibe resumidamente os critérios de exclusão e seus valores quantificados.

Tabela 4 – Procedimentos de exclusão de publicações

Etapas da triagem	Característica do processo de exclusão	Número de publicações excluídas
1	Identificar quais as publicações que não sejam oriundas de periódicos	1223
2	Identificar quais os artigos que sejam provenientes de periódicos que não possuam o critério de <i>peer review</i>	90
3	Identificar quais os artigos que são repetidos	1071
4	Identificar quais os artigos que não estão disponíveis	195
5	Identificar quais os artigos que não foram escritos em português, inglês e espanhol dado que o autor tem fluência nesses idiomas	132

Após a aplicação desses critérios de exclusão, verificou-se que do total de 3870 publicações encontradas, 2711 publicações foram excluídas, restando 1159 artigos científicos. Por outro lado, tem-se a necessidade de adotar critérios para a elegibilidade dos artigos, ou seja, critérios que garantam uma homogeneidade mínima na descrição de métodos e resultados. Assim, diferentemente dos critérios de exclusão, os critérios de elegibilidade exigem uma leitura atenta das publicações. Neste sentido, os procedimentos utilizados estão expostos na Tabela 5. Deve-se destacar que a decisão a ser tomada é a mesma dos critérios de exclusão, dado que se um artigo não possui os elementos básicos para ser elegível, esse deve ser descartado de uma posterior análise.

Tabela 5 – Procedimentos de elegibilidade dos artigos científicos

Etapas da triagem	Característica do processo de elegibilidade	Número de publicações excluídas
1	Identificar os artigos de revisão de literatura e definição/validação de método teórico	201
2	Identificar os artigos que não mensurem a produtividade	921

Segundo os dados obtidos por intermédio do processo de elegibilidade, 1122 artigos foram excluídos visto que não atendem os critérios estipulados. Diante disso, apenas 37 publicações foram selecionadas para o exame qualitativo do presente estado da arte. Com a finalidade de exibir sucintamente os processos metodológicos da referida revisão, fez-se o fluxo de informações mediante as diferentes etapas dos processos de exclusão e elegibilidade de acordo com a declaração PRISMA, conforme é exibido pela Figura 3.

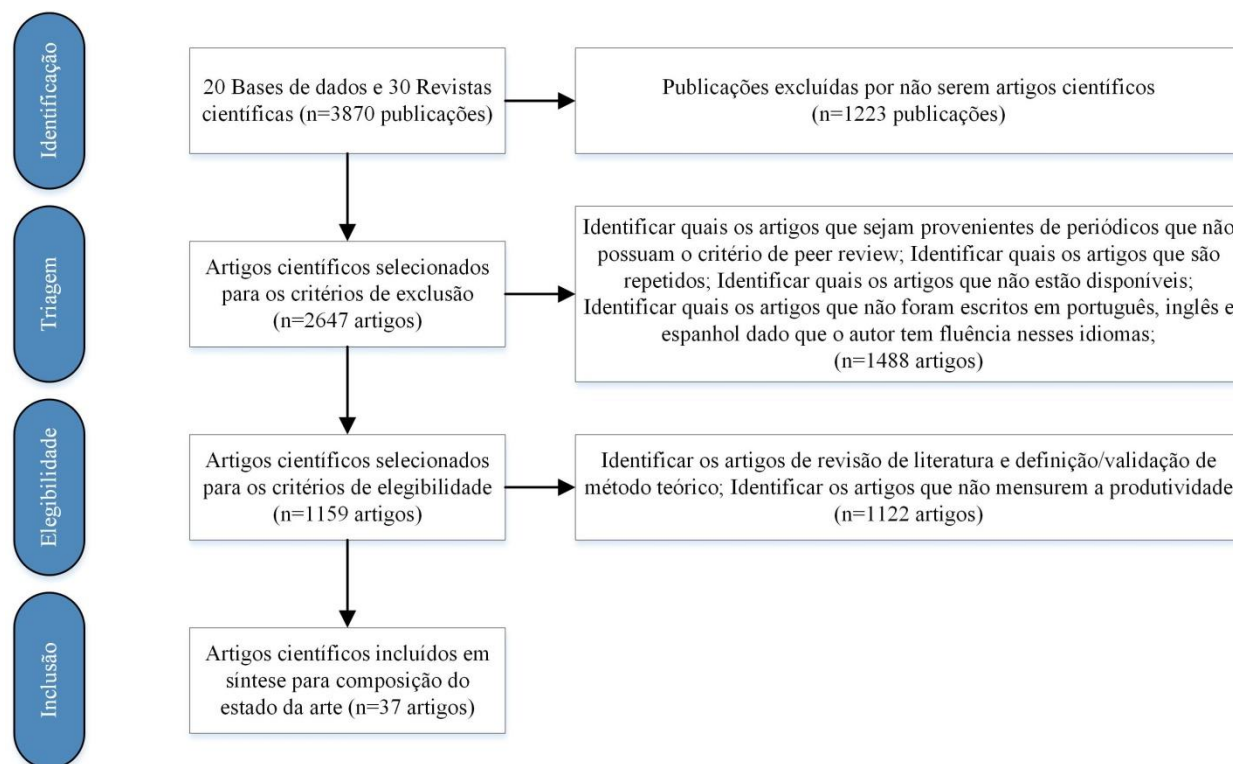


Figura 3 – Fluxo de informações através das diferentes fases de uma revisão sistemática.
Adaptado de Moher et al, (2009)

2.3 Revisão narrativa sobre questionários aplicados em ambientes externos

Com o desígnio de apurar a veracidade da hipótese de que a sensação térmica varia de acordo com o ambiente térmico, torna-se necessário indagar os indivíduos dado que a sensação é um fator subjetivo. Nesse aspecto emerge a importância da utilização de questionários para o ambiente em estudo, visto que eles retratam a sensação térmica de forma mais rápida e com menor custo. Dessa forma, julgou-se necessário verificar os artigos publicados na literatura que relacionem a utilização de questionários e ambiente exterior, a partir de uma revisão narrativa por intermédio do MetaLib®, verificando os sítios de acordo com o explicitado anteriormente na Tabela 1 e 2. Posteriormente, definiram-se as palavras-chave para compor a pesquisa por intermédio de quatro combinações, sendo elas: (1) “*thermal environment*” AND *questionnaire* AND *outdoor*; (2) “*thermal comfort*” AND *questionnaire* AND *outdoor*; (3) “*thermal environment*” AND *survey* AND *outdoor*; (4) “*thermal comfort*” AND *survey* AND *outdoor*. Novamente utilizou-se o critério já mencionado a respeito das buscas serem efetuadas no resumo ou no título da publicação. A pesquisa foi realizada entre os dias 27 a 31 de Março de 2014 sendo revisada e atualizada em 10 Abril de 2015, limitando-se a artigos publicados até o ano de 2015, incluindo os estudos já disponíveis online, que aguardem apenas a publicação. Nas etapas de triagem dos trabalhos foram aplicados os cinco critérios de exclusão já mencionados na revisão sistemática, adicionando-se um sexto critério: ausência em estudo do âmbito ao ar livre e/ou da utilização de questionário. Assim,

as publicações que não enquadrassem nos seis critérios acima eram elegíveis para a posterior análise dos fatores abordados nos questionários aplicados no ambiente exterior.

Finalizada a pesquisa por artigos científicos, foram encontradas 1074 publicações a partir das combinações das palavras-chave efetuadas. Seguidamente deu-se início ao processo de triagem dos artigos conforme pode ser observado na Tabela 6, adotando os critérios explicitados nos procedimentos metodológicos.

Tabela 6 – Procedimentos de exclusão dos artigos e número de publicações excluídas

Etapas da triagem	Crítérios de exclusão	Número de publicações excluídas
1	Publicações que não sejam artigos científicos	309
2	Artigos científicos que estejam em periódicos sem processo peer review	1
3	Artigos repetidos	566
4	Artigos escritos em idioma que seja distinto do inglês, português, espanhol, alemão, francês e italiano	40
5	Artigos indisponíveis para leitura	1
6	Artigos que não realizam o estudo em ambiente ao ar livre e/ou não utilizam questionário	120

De acordo com a Tabela 6 verifica-se que das 1074 publicações encontradas aproximadamente 28,77% não são artigos científicos, se enquadrando como trabalhos de conferências, cartas ao editor, memoriais e artigos de opinião. Além disso, cerca de 52,70% são de artigos repetidos, ou seja, um valor bastante significativo. Esse alto valor percentual pode-se explicar mediante a existência de um mesmo artigo em diferentes bases de dados, o que acarreta a repetição. No tocante aos artigos em outro idioma, aproximadamente 3,72% não se encontram dentro da fluência dos autores. Ainda em relação a esses, 21 estavam escritos em Japonês e 19 em Chinês. Cerca de 11,17% dos artigos não realizam o estudo em ambiente ao ar livre ou não utilizam questionários como método de coleta de dados. Por fim, após a aplicação de todos os critérios de exclusão, apenas 37 artigos são relevantes para o objetivo proposto. A caracterização inicial desses artigos, encontra-se no Quadro 1 a seguir tem-se as principais características obtidas das 37 publicações elegíveis, a posterior o Quadro 2 apresenta as características sob enfoque das variáveis da ISO 10551, e por fim o Quadro 3 apresenta as características relativas a percepção dos indivíduos.

Quadro 1 – Principais características obtidas das 37 publicações elegíveis

Autor(es)	País(es)	Local	Período	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
Ruiz e Correa (2015)	Argentina	L1	Inverno de 2010 e verão de 2011	622	IZA	X			X	X	X		X	X	
Rutty e Scotty (2015)	Barbados, Tobago e Santa Lúcia	L15	Março a Abril de 2012	472	UTCI	X			X	X					
Farnham, Emura e Mizuno (2014)	Japão	L6	Agosto de 2013	141	-	X			X		X				
Krüger, Minella e Matzarakis (2014)	Escócia	L1	Março a Julho de 2011	568	PET e UTCI					X		X			
Tsitoura, Tsoutsos e Daras (2014)	Grécia	L4; L10; L11	Inverno (Fevereiro de 2009) e Verão (Julho de 2009)	200	WBGT, PMV, OUT_SET, PET	X			X		X			X	
Watanabe et al (2014)	Japão	L5	24 de Agosto a 11 de Setembro	42	ETU, UTCI e OUT_SET	X	X	X	X						
Cohen et al (2013)	Israel	L3; L4; L8	Verão e inverno de 2007 a 2011	1731	PET	X			X		X		X		
Krüger et al (2013)	Escócia	L1	Inverno a verão de 2011	567	PET, THSW e PPD	X	X	X	X	X	X	X			
Lin et al (2013)	Taiwan	L3	Agosto de 2009 até Outubro de 2010	1183	PET	X			X				X	X	
Oertel, Emmanuel e Drach (2013)	Escócia	L1	Março a Julho de 2011	573	PMV-PPD e PET	X	X	X	X	X		X			
Yahia e Johansson (2013)	Síria	L3; L7	Verão (Agosto e Setembro de 2009) e Inverno (Janeiro e Fevereiro de 2010)	920	PET, SET, OUT_SET e PMV	X			X		X	X		X	
Yang et al (2013)	Cingapura e China	L3; L4; L5	Junho de 2010 a Maio de 2011	4072	PET							X			
Yang e Wong (2013)	Singapura	L3	Agosto a Novembro de 2010 e Abril a maio de 2011	770	-	X			X		X		X		
Zhou et al (2013)	China	L4	Junho e julho de 2011 (Verão)	386	SET	X							X		
Boumaraf e Tacherift (2012)	Algeria	L8	1 ano	-	PMV	X			X		X				
Cheng et al (2012)	China	L4	Verão e Inverno 2006	286	PMV e PET				X						
Kantor, Unger e Gulyás (2012)	Hungria, Suécia, Canadá, Portugal e Taiwan	L2; L3; L4	Todo o ano de 2011	Cerca de 2314	PET										
Marekemi et al (2012)	Malásia	L5	Março e Abril de 2007	200	PET	X			X	X	X				

Rossi, Kruger e Brode (2012)	Brasil	L1	Janeiro a Agosto de 2009	1654	UTCI	X	X	X	X	X	X	X	
Xi et al (2012)	China	L5	Julho de 2010	114	SET						X		
Yin et al (2012)	China	L5	Agosto de 2009	205	-	X			X	X	X		X
Cheng et al (2011)	Taiwan	L5	Abril de 2007 a Março de 2008	3837	ET e PPD	X	X	X	X				
Hassan e Mahmoud (2011)	Egito	L3	Dezembro de 2009 e Junho de 2009	300	PET E PPD	X			X		X		X
Krüger et al (2011)	Brasil	L1	Janeiro até Agosto de 2009	1654	PET	X	X	X	X	X	X		X
Krüger e Rossi (2011)	Brasil	L1	Janeiro até Agosto de 2009	1654	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Aljawabra e Nikolopoulou (2010)	Marrocos e EUA	L3; L4; L12	Verão e inverno de 2008 e 2009	429	PMV	X			X		X		X
Bojórquez et al (2010)	México	L3	Julho e Agosto de 2008	822	-	X			X			X	X
Hwang et al (2010)	Taiwan	L5	Abril de 2007 a Março de 2008	3837	-	X	X	X	X		X	X	
Lin (2009)	Taiwan	L4	Abril de 2007 até Fevereiro de 2008	505	PET, Ta, TMRT	X			X		X		X
Hwang e Lin (2007)	Taiwan	L5; L9; L11; L14	Inverno de 2004 até o verão de 2005	3027	ET e SET	X			X		X		X
Kántor, Unger e Gulyás (2007)	Hungria	L4	Verão de 2006 (17 e 22 de Agosto; 12 de Setembro)	844	PET e PMV	X			X		X		X
Oliveira e Andrade (2007)	Portugal	L2	Março (inverno) e Abril (primavera)	91	PET	X			X	X	X	X	X
Nikolopoulou e Lykoudis (2006)	Grécia, Itália, Suíça, Inglaterra e Alemanha	L8	Julho de 2001 a Setembro de 2002 (as quatro estações do ano)	8365	-								
Zeng e Dong (2005)	China	L1	Agosto de 2012	255	PET	X			X	X	X	X	X
Ahmed (2003)	Bangladesh	L8	Julho e Agosto	1500	-	X			X		X	X	X
Spagnolo e De Dear (2003)	Austrália	L8	Verão e inverno (Julho de 1998 até Agosto de 2000)	1018	PET, PT, OUT-SET, ET e TOP				X		X		X

Legenda:

- F1 Número de questionários válidos
- F2 Índice de ambiente térmico utilizado
- F3 Idade
- F4 Altura
- F5 Peso
- F6 Sexo
- F7 Perguntas sobre o local/tempo de residência
- F8 Características da roupa utilizada
- F9 Tempo no local antes da entrevista
- F10 Atividade realizada pela pessoa
- F11 Questionamento sobre a frequência no local
- F12 Problemas de saúde

Quadro 2 – Principais características sob enfoque das variáveis da ISO 10551

Autor(es)	Percepção/Sensação térmica	Conforto térmico	Preferência térmica	Aceitabilidade térmica
Ruiz e Correa (2015)	X			
Rutty e Scotty (2015)	X		X	
Farnham, Emura e Mizuno (2014)	X	X		
Krüger, Minella e Matzarakis (2014)	X			
Tsitoura, Tsoutsos e Daras (2014)	X	X		
Watanabe et al (2014)	X	X		X
Cohen et al (2013)	X			
Krüger et al (2013)	X		X	
Lin et al (2013)	X	X	X	X
Oertel, Emmanuel e Drach (2013)	X			
Yahia e Johansson (2013)	X			
Yang et al (2013)	X		X	X
Yang e Wong (2013)	X			X
Zhou et al (2013)	X	X	X	
Boumaraf e Tacherift (2012)	X			
Cheng et al (2012)	X	X		X
Kantor, Unger e Gulyás (2012)				
Marekemi et al (2012)		X		
Rossi, Kruger e Brode (2012)	X			
Xi et al (2012)	X	X	X	
Yin et al (2012)		X		
Cheng et al (2011)	X			
Hassan e Mahmoud (2011)	X			
Krüger et al (2011)	X		X	
Krüger e Rossi (2011)	X		X	
Aljawabra e Nikolopoulou (2010)	X		X	
Bojórquez et al (2010)	X			
Hwang et al (2010)	X			
Lin (2009)	X	X	X	X
Hwang e Lin (2007)	X		X	X
Kántor, Unger e Gulyás (2007)	X			
Oliveira e Andrade (2007)	X	X	X	X
Nikolopoulou e Lykoudis (2006)	X	X		
Zeng e Dong (2005)	X	X		
Ahmed (2003)	X			
Spagnolo e De Dear (2003)	X		X	

Quadro 3 – Principais características sob enfoque da percepção dos indivíduos

Autor(es)	Percepção da temperatura	Modificação da temperatura	Percepção da velocidade do ar	Modificação da velocidade do ar	Percepção da radiação solar	Modificação da radiação solar	Percepção da humidade	Modificação da umidade
Ruiz e Correa (2015)			X		X		X	
Rutty e Scotty (2015)	X		X	X				
Farnhnam, Emura e Mizuno (2014)							X	
Krüger, Minella e Matzarakis (2014)								
Tsitoura, Tsoutsos e Daras (2014)			X			X	X	
Watanabe et al (2014)								
Cohen et al (2013)								
Krüger et al (2013)								
Lin et al (2013)			X		X		X	
Oertel, Emmanuel e Drach (2013)		X						
Yahia e Johansson (2013)								
Yang et al (2013)			X	X	X	X	X	X
Yang e Wong (2013)			X		X		X	
Zhou et al (2013)				X		X		
Boumaraf e Tacherift (2012)								
Cheng et al (2012)			X		X		X	
Kantor, Unger e Gulyás (2012)								
Marekemi et al (2012)	X	X	X				X	
Rossi, Kruger e Brode (2012)								
Xi et al (2012)				X		X		
Yin et al (2012)			X		X		X	
Cheng et al (2011)			X					
Hassan e Mahmoud (2011)								
Krüger et al (2011)								
Krüger e Rossi (2011)								
Aljawabra e Nikolopoulou (2010)								
Bojórquez et al (2010)								
Hwang et al (2010)								
Lin (2009)			X	X	X	X	X	X
Hwang e Lin (2007)			X	X	X	X		
Kántor, Unger e Gulyás (2007)	X		X				X	
Oliveira e Andrade (2007)	X	X	X	X	X	X	X	X
Nikolopoulou e Lykoudis (2006)			X		X		X	
Zeng e Dong (2005)							X	
Ahmed (2003)								
Spagnolo e De Dear (2003)				X		X		

2.4 O ambiente térmico

O estudo do ambiente térmico é um campo complexo que atrai o interesse dos pesquisadores há muito tempo (PANTAVOU et al, 2013). Desde o século XX as investigações científicas já apontavam a influência das condições ambientais no conforto térmico das pessoas (De DEAR, 2004) dado que afetam processos fisiológicos e psicológicos, que por sua vez podem influenciar o desempenho e a produtividade global (TANABE et al, 2013). Assim, é um dos principais fatores que influenciam as condições de trabalho (FRESCATA et al, 2015), a qualidade de vida, e a segurança dos indivíduos (COSTA et al, 2010; MIGUEL, 2014). Portanto, o ambiente térmico pode ser designado como o conjunto das variáveis térmicas que influenciam as trocas de calor entre o ser humano e o meio onde esse se insere (DIAS, 2013). Por outro lado, a interação com essas variáveis térmicas faz com que a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico seja complexa e subjetiva (BRADSHAW, 2006). Diante dessa complexidade, não há nenhum método padronizado que afirme qual a condição ambiental térmica que afetará a sensação de conforto num ser humano (KUEHN; RAMSEY; THRELKELD, 1998), contudo sabe-se que a tolerância ao frio e ao calor são essenciais para que os seres humanos possam ter uma vida saudável (UEDA et al, 1996). Quando essa tolerância é reduzida o ambiente térmico torna-se um ambiente estressante, ou seja, ameaça a saúde e a produtividade (ZHANG et al, 2014) personificando-se como um elemento de risco em muitas situações e ocupações ambientais diferentes (KEIM; GUISTO; SULLIVAN Jr, 2002).

Ao estarem em exposição prolongada a condições térmicas desfavoráveis, os indivíduos sofrem uma série de efeitos fisiológicos (TORRES; SINGH, 2011), iniciando com a sensação de frio ou calor que irá se agravar até chegar ao óbito. Isso fomenta a reflexão sobre os efeitos das altas e baixas temperaturas resultantes de processos produtivos ou das condições climáticas na saúde dos trabalhadores que a elas se expõem (COUTINHO, 2011).

Atividades sob altas temperaturas (e alta umidade), ou atividades físicas extenuantes têm um elevado potencial para a indução do estresse térmico para trabalhadores envolvidos em tais operações (MORIOKA; MIYAI; MIYASHITA, 2006). O ambiente com calor excessivo afeta psicologicamente os trabalhadores dado que esses tendem a se tornarem pessoas inquietas e irritadas (KUYKENDALL, 2007). Sob o prisma fisiológico, nos ambientes quentes, especialmente quando a temperatura do ar for superior à temperatura da pele normalmente tem-se o resfriamento evaporativo como única maneira de dissipar o calor (ZHAO et al, 2013). Isso é feito principalmente pelo aquecimento da pele (ocorre inconscientemente) aumentando o seu fluxo sanguíneo, a partir da produção de suor e evaporação (KROEMER; KROEMER; KROEMER-ELBERT, 2014). Quando o calor é demasiado, fisiologicamente os trabalhadores podem adquirir câibras, insolação, exaustão, entre outros. Com isso, o comprometimento da função mental e o aumento da fadiga têm implicações para a segurança no trabalho podendo originar a doença do calor quando a exposição é demasiada prolongada (MILLER; BATES, 2007) colocando a integridade física do trabalhador em risco.

A última consequência desse estresse térmico excessivo é o colapso do sistema de regulação térmica corpórea resultando na morte devido à insolação (WAGNER, 2011). Além de todos os problemas relacionados ao bem-estar do trabalhador, verifica-se que o seu rendimento cai, a velocidade do trabalho diminui, as pausas se tornam maiores e mais frequentes, o grau de concentração diminui e a frequência de erros e de acidentes tende a aumentar significativamente (FIEDLER; VENTUROLI; MINETTI, 2006). Os resultados dos estudos múltiplos mostraram uma relação média de decremento de 2% em desempenho de trabalho por cada grau Celsius quando a temperatura é superior a 25° C (SEPPÄNEN; FISK, 2004) e quando a temperatura atinge 37°C a perda de rendimento sobe para aproximadamente 75% (ESTON et al, 2005).

Constata-se assim que o trabalho em ambientes com incidência de calor reduz a produtividade afetando diversas produções industriais, aumentando a possibilidade de acidentes de trabalho o que eleva os custos para a indústria (BRAKE; BATES, 2002; WAGNER, 2013). Tais fatos elencados sobre a influência do calor excessivo nos trabalhadores acarretam na atenção de governos e populações (YIN et al, 2012). Diante disso, com o intuito de garantir a saúde e segurança dos trabalhadores, vários esforços têm sido feitos para melhorar o trabalho em ambientes quentes (ILANGKUMARAN et al, 2015).

No outro extremo, os ambientes que possuem uma baixa temperatura também podem causar um impacto negativo na produtividade. O estresse da exposição humana a temperaturas exteriores e interiores abaixo de 10°C pode estar associada a várias sensações e sintomas relacionadas com o frio (HASSI; RAATIKKA; HUURRE, 2003), diminuindo a produtividade principalmente quando se trata de trabalhos manuais que envolvem sensibilidade e destreza com os dedos (YE; CHEN; LIAN, 2010). Isso ocorre porque os dedos são partes do corpo difíceis de isolar, sem prejudicar a mobilidade (BRADSHAW, 2006). Numa perspectiva fisiológica, os seres humanos quando expostos a esse ambiente tentam manter a temperatura interna por intermédio da vasoconstrição e/ou um aumento na taxa metabólica (POTKANOWICZ et al, 2003). Para alcançar esse intuito, normalmente executa-se o arrefecimento da pele mediante da (inconsciente) redução do fluxo de sangue, fazendo com que aumente o número de vestimentas (Da PIEDADE; RODRIGUES; RORIZ, 2003; KROEMER; KROEMER; KROEMER-ELBERT, 2014). Por outro lado, caso isso não possa ocorrer, tem-se início o processo tensão muscular, normalmente por intermédio de tremores e arrepios (GRONDZIK; KWOK, 2015) que reduzem o desempenho muscular e causam deficiências no funcionamento dos músculos (GONÇALVES; GUEDES; BAPTISTA, 2015). Se os indivíduos não conseguem atenuar esse estresse, a possibilidade de óbito aumenta. Na indústria são raras as patologias locais devidas ao frio não só pela proteção do vestuário, mas também pela reação de fuga que o trabalhador poderá utilizar (MIGUEL, 2014).

Do exposto, torna-se imprescindível o estudo e debate sobre o ambiente térmico, principalmente no âmbito laboral. Com a finalidade de melhor compreender o tema, pode-se dividir o ambiente em ambiente interno ou externo (NOGUEIRA; TALAIA, 2014), dado que estudos têm sido realizados em todo mundo para entender a sensação térmica nesses dois tipos de ambientes (PANTAVOU et al, 2013). Por fim, deve-se elucidar a existência de um ambiente semi-aberto no qual emerge como uma área recente na literatura.

2.4.1 O ambiente interior

As pessoas passam grande parte do seu tempo em ambientes fechados (RAI; LIN; CHEN, 2015), resultando cerca de 90% de suas vidas no interior de habitações, nas quais essas devem satisfazer características vitais para seus ocupantes, tais como saúde, conforto e produtividade (RICHARDSON; EICK; JONES, 2005; LAN; LIAN, 2010; KOSONEN et al, 2011; SARBU; SEBARCHIEVICI, 2013). Com a finalidade de alcançar tais parâmetros, um ambiente confortável é essencial (LI et al, 2015), fazendo com que a condição térmica seja um dos determinantes mais importantes da qualidade ambiental interior (MOON, 2015). Isso ratifica que o ambiente interior está cada vez mais relacionado com a saúde humana e a eficiência no trabalho (CAO et al, 2011; YI; XU; FENG, 2014). Devido à importância desse tipo de ambiente desenvolveram-se normas específicas com o intuito de definir o conforto térmico local, tais como as normas ASHRAE 55 (2010) e ISO 7730 (2005) (OROSA; OLIVEIRA, 2012). De acordo com elas, o ambiente pode ser dividido em "zonas de conforto" no qual 80% dos ocupantes devem sentir-se termicamente satisfeitos (BRAGER; ZHANG; ARENS, 2015).

Atualmente, têm-se duas filosofias básicas nos estudos do ambiente interno: 1) basear-se em um cálculo do balanço de calor para o ocupante e os aspectos térmicos do ambiente; 2) desenvolver um modelo de conforto adaptativo. A primeira refere-se à investigação de um determinado ambiente interior e sua relação com os ocupantes, buscando um ponto ótimo de equilíbrio. A segunda, por sua vez, busca desenvolver novos modelos de conforto a partir de uma série de um determinado ambiente em estudo. Ademais, as pesquisas atuais sobre o ambiente interior concentram-se principalmente nas estações de inverno e verão com poucos estudos em estações de transição (TAO et al, 2014) o que pode ser explicado devido a grande influência do ambiente externo em estações climáticas mais extenuantes.

Não obstante, o efeito da diferença entre o ambiente exterior e interior não é totalmente compreendido, assim como as interações complementares entre esses ambientes (HIROKAWA; HORIE, 1982). A prática demonstra que o ambiente interior é influenciado pelo ambiente exterior (NOGUEIRA; TALAIA, 2014) fazendo necessário tecer comentários a respeito.

2.4.2 O ambiente semi-exterior

Uma questão importante sobre o estudo do ambiente térmico são as diferenças entre ambientes interior, semi-exterior e exterior, dentre as quais pouco se comentou (YANG; WONG; JUSUF, 2013), principalmente sobre o ambiente semi-exterior. Esse tipo de ambiente situa-se entre as categorias do “ambiente interno”, onde o ambiente térmico é controlado para satisfazer o conforto térmico dos ocupantes, e o “ambiente exterior”, onde os ocupantes precisam ajustar-se para alcançar o conforto térmico (NAKANO; TANABE, 2004). No tocante as habitações, os edifícios com grande ventilação natural podem ser considerados semi-exterior dado que os ocupantes não estão expostos diretamente às intempéries climáticas e podem se ajustar de acordo com o clima no local. Isso impacta diretamente no conforto térmico dos ocupantes, o que contrasta com a mínima variação existente nos ambientes internos. Por exemplo, a faixa de percepção térmica pode ser

maior em ambientes semi-exterior e exterior, porque a dificuldade de modular condições térmicas nesses ambientes para torná-los tão confortáveis quanto ambiente interno é reconhecida (HWANG; LIN, 2007).

2.4.3 O ambiente exterior

O extenso número de estudos empíricos e teóricos sobre o conforto térmico em ambientes internos contrasta com a escassez de estudos para o ambiente exterior (NAGANO; HORIKOSHI, 2011) demonstrando que é um campo relativamente novo de pesquisa (JOHANSSON et al, 2014) possuindo lacunas na área, especialmente quando se trata de estudos de campo (ALJAWABRA; NIKOLOPOULOU, 2010). As pesquisas nesse ambiente se intensificaram por volta do ano 2000 (JOHANSSON et al, 2014) devido ao aumento das preocupações relacionadas com as mudanças climáticas e seus efeitos na saúde humana (KENNY et al, 2009) principalmente em relação com as atividades das pessoas (KÁNTOR; ÉGERHÁZI; UNGER, 2012).

Ainda na década referida, uma revisão da literatura evidenciou que a investigação sobre o conforto térmico exterior pode ser agrupado em três áreas: (1) modificação de microclimas locais para moderar a impacto ocasionado pelo ambiente exterior; (2) estudos que relacionem clima e turismo, e; (3) pesquisas sobre o conforto térmico dos pedestres (SPAGNOLO; De DEAR, 2003). Contudo, nos últimos anos esse cenário se modificou, polarizando os estudos em apenas duas vertentes: (1) a relação entre o comportamento humano e o ambiente térmico ao ar livre; e (2) as relações entre os ambientes biofísicos e estados subjetivos de conforto térmico (ZHOU et al, 2013). Apesar de esse panorama estar bem definido na atualidade, a complexidade temporal e espacial dos parâmetros envolvidos no ambiente ao ar livre, acarreta que poucos estudos busquem entender o efeito das condições de conforto térmico nas pessoas (THORSSON; LINDQVIST; LINDQVIST, 2004) personificando-se como um desafio aos pesquisadores da área.

Ainda em relação aos últimos anos, tem crescido o interesse em analisar o conforto térmico em espaços abertos visando o planejamento urbano, devido a sua grande influência no desenvolvimento das cidades e nas condições de vida dos residentes (COHEN; POTCHTER; MATZARAKIS, 2013; KRÜGER et al, 2013). Podem-se citar como exemplos, a radiação solar “diretamente” recebida, bem como velocidades de ar maiores e mais voláteis do que os normalmente encontrados em ambientes fechados (PARSONS, 2014), além do aumento da temperatura do ar exterior, o qual implica diretamente no aumento do consumo de energia para o arrefecimento de habitações (ZINZI, 2010). Nesse ponto, os estudos em edifícios ganham relevância na literatura, uma vez que as condições de conforto são aumentadas significativamente como resultado da exposição ao ambiente exterior desconfortável (AHMED, 2003), dado que se as pessoas se sentem confortáveis ao ar livre, isso é diretamente influenciado pelas suas experiências e expectativas em relação ao ambiente térmico (LIN et al, 2013). Portanto, as modificações nos atributos físicos do espaço urbano podem promover a melhoria das condições térmicas exteriores e, assim, influenciar positivamente a utilização de espaços abertos (BRÖDE et al, 2012).

Com a finalidade de alcançar tal melhoria, muitos esforços sinérgicos estão sendo direcionados aos estudos de simulação (MA; LI; ZHU, 2015) e para as ligações entre conforto térmico e variáveis de planejamento urbano (ROSSI; KRÜGER; BRÖDE, 2012; KRÜGER et al, 2013), assim como pesquisas em determinados setores laborais. Em sintonia ao que foi exposto, a avaliação e compreensão do conforto térmico em espaços ao ar livre pode auxiliar a melhoria da qualidade urbana, influenciando positivamente o uso e o comportamento das pessoas (ROSSI; KRÜGER; BRÖDE, 2012), além de contribuir para a integração da comunidade para a realização de outras atividades ao ar livre (DIN et al, 2014) proporcionando vários benefícios sociais, culturais e econômicos (ZENG; DONG, 2015) desde que as pessoas expostas a essas condições térmicas sintam-se mais confortáveis (TUNG et al, 2014).

2.5 O conforto térmico

Os Engenheiros vêm estudando o desenvolvimento de ambientes mais confortáveis desde há muitos anos (EKICI; ATILGAN, 2013) dado que o conforto térmico é um dos fatores fundamentais do cotidiano humano (NOGUEIRA; TALAIA, 2014) e a preocupação com seus desdobramentos é bastante antiga (ROSSI, 2012), remetendo há séculos. O termo “conforto térmico” começou a ser introduzido no final do século XIX proveniente da caracterização do ambiente residencial, verificando aspectos de ventilação e qualidade do ar (BLUYSSSEN, 2008). Em contrapartida, os estudos científicos começaram a ganhar destaque no começo do século XX (DUAN et al, 2011), datando do período de 1913 a 1923 os primeiros esforços sinérgicos para o estabelecimento de critérios de conforto térmico (RUAS, 2002), os quais se intensificaram a partir dos anos de 1970 (WANG; FEDERSPIEL; ARENS, 2005).

Posteriormente, a importância da temática foi reforçada mediante as criações de normas técnicas, publicadas pela International Organization for Standardization (ISO) e American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) (MELES, 2012). Essas normas permitiram sistematizar a avaliação do conforto térmico em determinados ambientes, com a finalidade de oficializar procedimentos e resultados (COELHO, 2014), além de auxiliar outras normas, tendo, por exemplo, as normas de construção de edifícios, algumas de suas operações e manutenções obrigatórias (LAW, 2013). Ressalta-se que a ISO 7730 (2005) é amplamente utilizada como método para a avaliação das condições de conforto térmico (HAVENITH; HOLMÉR; PARSONS, 2002) enquanto a ASHRAE Standard 55 é o documento mais citado na literatura, quando o estudo aborda o conforto térmico em adultos (HWANG et al, 2009).

Diante disso, a ASHRAE 55 (2010) e a ISO 7730 (2005) relatam a seguinte definição para o termo: “O conforto térmico é que a condição mental que expressa à satisfação com o ambiente térmico.” Embora o conceito seja o mais consagrado e utilizado no cenário científico, ele é passível de críticas. Essa definição pode ser considerada ambígua, mediante a subjetividade da condição mental e satisfação humana (CASTILLA et al, 2014), exigindo não só a análise dos parâmetros ambientais, mas também a análise dos aspectos subjetivos associados com o estado mental em um determinado ambiente laboral (TALAIA; MELES; TEIXEIRA, 2013). Assim, o conforto térmico é muito difícil de definir (ISMAIL et al, 2009) dado que está dependente da subjetividade da

análise de cada pessoa (PEREIRA, 2011) pois as sensações térmicas podem ser descritas sobre o nível de calor de ambientes quentes, neutros, frios e uma variedade de possíveis classificações entre elas (BRADSHAW, 2006; MAITI, 2014).

Mediante aos referidos diferentes níveis de calor, pode-se atribuir o estado de conforto térmico quando a sensação térmica do indivíduo é neutra, ou seja, não existe sensação de calor ou frio (FRONTCHAK; WARGOCKI, 2011; DIN et al, 2014) proveniente de uma fonte interna ou externa (OROSA; OLIVEIRA, 2012). Contudo, a neutralidade térmica não é suficiente para assegurar o conforto térmico tendo em vista que o indivíduo pode estar sujeito a algum tipo de desconforto térmico local (BRODAY; XAVIER; SOARES, 2013), ou seja, ainda existirão pessoas desconfortáveis mesmo que as condições térmicas sejam consideradas neutras (MEDEIROS, 2014). Além disso, tende-se a constatar que a ideia de conforto térmico representa o oposto do estresse térmico (HENSHAW; GUY, 2015) diante as sensações atenuadas pelos ambientes frios ou quentes. Por outro lado, é importante fazer algumas elucidacões sobre o conforto, sensacão e estresse térmico. O conforto térmico é um conceito fluido derivado da necessidade real de pessoas; já a sensacão térmica de um ser humano está relacionada com o equilíbrio térmico do corpo como um todo (KOSONEN; TAN, 2004); e o estresse térmico é sobre percepções térmicas extenuantes (SPAGNOLO; De DEAR, 2003) que podem levar a graves doenças corpóreas ou até mesmo ao óbito.

Nos últimos anos o tema tornou-se cada vez mais debatido na literatura (VANOS et al, 2010) devido a importância do seu estudo ir além da satisfacão do conforto humano, abordando aspectos como aumento da produtividade e economia de energia em habitações (BOUKHRIS; GHARBI; GHRAB-MORCOS, 2009) mostrando que possui grande relevância econômica (GONÇALVES; TALAIA, 2014). Assim, os estudos de conforto térmico são geralmente baseados em duas situações: (1) experimentos realizados em indivíduos em câmaras climatizadas e (2) levantamentos de campo (SINGH; MAHAPATRA; TELLER, 2015). Embora haja um notável aumento no número de estudos de campo ao longo das duas últimas décadas (MISHRA; RAMGOPAL, 2014), a primeira situaçao é a mais tradicional na literatura dado que a maioria dos trabalhos são destinados a avaliar ambientes internos (ROSSI, 2012). Avaliaçao do conforto térmico em laboratório envolve uma câmara climática que é muitas vezes um espaço fechado, com um ambiente físico constante (LIN et al, 2010) controlado pelos investigadores, onde as variáveis ambientais e pessoais são manipuladas a fim de se encontrar a melhor combinaçao possível entre elas de modo a alcançar uma situaçao confortável (MOÇO. 2014). Dessa forma, a postura pessoal do indivíduo, sua atividade e suas roupas são fixas, fazendo com que a sua sensacão seja tomada sob condições de estado estacionário (BOUDEN; GHRAB, 2005) que negligenciam fatores contextuais que podem comprometer o significado das respostas a um determinado conjunto de condições térmicas (FATO; MARTELOTTA; CHIANCARELLA, 2004; GOSSAUER; WAGNER, 2007). Portanto, a sensacão térmica dos indivíduos provenientes em estudos das câmaras climáticas são informaçoes indicativas que não fornecem detalhes suficientes para serem conclusivas em termos de especificações do sistema (NILSSON; HOLMÉR, 2003). Essa anomalia pode ser superada mediante a realizaçao de estudos de campo, onde a resposta térmica das pessoas é investigada em seus ambientes de trabalho habituais (AWBI, 2003), na qual o pesquisador não

interfere nas variáveis ambientais e pessoais; as pessoas expressam suas sensações e preferências térmicas em escalas apropriadas (ANTONELLI, 2012; MOÇO, 2014).

Do exposto, o conforto térmico é um fenômeno complexo e, devido as diferenças individuais, difícil de satisfazer a todos no mesmo ambiente (SCHELLEN et al, 2012; KALZ; PFAFFEROTT, 2014) dado que cada pessoa reage de uma maneira específica (ALMEIDA, 2011). Assim, a definição varia de autor para autor, fazendo necessário conjugar inúmeras variáveis de modo a definir o conforto térmico associado a um determinado ambiente (OLIVEIRA, 2008), o que evidencia que não há um padrão absoluto para alcançar o conforto térmico (DJONGYANG; TCHINDA; NJOMO, 2010; SAIKIA; SARMA; BARUAH, 2014). Constata-se que não é apenas um resultado do ambiente térmico, mas uma combinação de fatores fisiológicos e psicológicos relacionados com as qualidades ambientais e pessoais (ALA-JUUSELA; SHUKUYA, 2014), fazendo com que as pessoas levem em consideração esses parâmetros para manter e melhorar o seu bem-estar (LIU et al, 2012). Desses, o principal relacionado ao conforto térmico é a variável ambiental (KARJALAINEN, 2013) que é representada pela temperatura do ar (temperatura do bulbo seco), temperatura dos elementos que nos cercam (temperatura radiante), umidade e velocidade do ar, sendo que estes fatores devem ser considerados simultaneamente (GUIMARÃES; SATTER; AMARAL, 2004; MORGADO; TEIXEIRA; TALAIA, 2015). Assim, com base nas variáveis ambientais, as decisões devem ser feitas para que o ambiente se torne adequado para o trabalhador (SCHIASSI et al, 2014). Por outro lado, existem variáveis individuais que também causam grande impacto no conforto térmico dos indivíduos, tais como o metabolismo e o tipo de vestuário utilizado (STREINU-CERCEL et al., 2008). Diante disso, para melhor entender os padrões de conforto térmico humano, é necessário reportar às variáveis que se relacionam a esta condição (De VECCHI, 2011), tais como os seis principais parâmetros que devem ser avaliados quando se estuda as condições de conforto térmico (KHALIL e KHALIL, 2015).

2.5.1 Temperatura do ar

A Temperatura do ar é o parâmetro ambiental que regularmente caracteriza o ambiente (SARBU e SEBARCHIEVICI, 2013), além de ser utilizada largamente como indicador de estresse (ARIAS, MADER e ESCOBAR, 2008) principalmente no cenário laboral pois influencia diretamente a produtividade dos trabalhadores (MONTEIRO et al, 2013; SARBU e SEBARCHIEVICI, 2013). Ela é uma indicação do nível de agitação molecular ou de energia térmica de um sistema, entendida como porção de matéria isolada da vizinhança por uma fronteira imaginária para efeito de análise (COUTINHO, 2011). Há uma ideia generalizada que a temperatura do ar é determinada diretamente pela radiação solar, contudo essa relação ocorre indiretamente. A radiação solar atinge o solo onde é absorvida em parte e transformada em calor, fazendo com que a temperatura do solo aumente e, por convecção, aqueça o ar (PINHEIRO e CRIVELARO, 2014).

A temperatura do ar em diferentes pontos dentro da mesma área urbana pode diferir significativamente, no mesmo contexto climático global (YAN et al, 2014) o que a torna um desafio adicional no estudo do conforto térmico. Sua medição é tradicionalmente realizada com

termômetros, porém outras técnicas podem ser usadas também (KROEMER, KROEMER e KROEMER-ELBERT, 2014). No tocante a avaliação do conforto térmico, utilizam-se três subdivisões da temperatura do ar, as quais são relatadas pela Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros oriundos da subdivisão das temperaturas e suas respectivas características gerais

Temperaturas	Características gerais
Temperatura de globo	É a variável que permite avaliar o nível de radiação térmica das superfícies existentes no ambiente analisado, combinandoos efeitos da radiação e movimento do ar. Ela é medida com um termômetro de globo
Temperatura de bulbo seco	É definida como sendo a temperatura do ar, que pode ser medida com um termômetro comumsem qualquer acessório, denominado termômetro de bulbo seco. Ela pode ser utilizada em combinação com a temperatura do globo e velocidade do ar para o cálculo da temperatura radiante média.
Temperatura de bulbo úmido	É a temperatura obtida em um termômetro comum ou eletrônico, cujo bulbo ou sensor é envolvido com uma mecha de algodão branco umedecida com água destilada ou filtrada

Fonte: Bradshaw (2006); Coutinho (2011); Grondzik e Kwok (2015)

Sob o prisma do conforto térmico, o conhecimento da temperatura do ar por si só não é suficiente (DEB e RAMACHANDRAIAH, 2011) dado que a resposta humana ao ambiente térmico depende de outros parâmetros (GUIMARÃES, SATTER e AMARAL, 2004). Em climas onde outros fatores importantes podem variar muito de um dia para outro, há a necessidade de medir mais do que apenas a temperatura para uma avaliação mais realista de conforto (QUEIROZ, NÄÄS e SAMPAIO, 2005). Outro efeito imediato do aumento da temperatura nas próximas décadas é que pode alterar as condições de conforto térmico humano (ROSHAN, RANJBAR e OROSA, 2010).

2.5.2 Temperatura radiante média

O conforto de uma pessoa num espaço é afetado pela troca de calor radiante (BRADSHAW, 2006) fazendo com que as temperaturas radiantes das superfícies circundantes influenciem o conforto (GRONDZIK e KWOK, 2015). Diante disso, a troca de calor radiante depende principalmente da diferença de temperaturas entre o indivíduo e o ambiente (KROEMER, KROEMER e KROEMER-ELBERT, 2014). A temperatura radiante média pode ser definida como a “temperatura uniforme de um invólucro imaginário em que a transferência de calor radiante a partir do corpo humano é igual a transferência de calor radiante no recinto não uniforme real” (ASHRAE, 2010), ou seja, é a temperatura uniforme em um compartimento preto imaginário no qual um indivíduo experimenta a mesma perda de radiação do que na situação real (OROSA e OLIVEIRA, 2012), sendo transmitida de uma superfície quente para uma fria por intermédio de ondas eletromagnéticas que, ao atingirem a superfície fria, se transformam em calor (PINHEIRO e CRIVELARO, 2014). Assim, quando a temperatura radiante média superior à temperatura da pele (por exemplo, trabalho ao sol), a transferência de calor dá-se do ambiente para a pele (HAVENITH, 2005). Deve-se ressaltar que a temperatura radiante média pode ser maior ou menor do que a temperatura do ar, pois as superfícies podem apresentar diferentes temperaturas (ROSSI, 2012).

A temperatura radiante média é uma variável calculada e não pode ser medida diretamente (GRONDZIK e KWOK, 2015), mas por intermédio de instrumentos convencionais de medição do

ambiente térmico ou pode ser calculado utilizando princípios de transferência de calor (KUEHN, RAMSEY e THRELKELD, 1998). No tocante ao ambiente térmico, ele é calculado conforme é exibido na Equação I.

$$T_{trm} = \left[(T_g + 273,15)^4 + \frac{1,335 * 10^8 * V_a^{0,71}}{\varepsilon * D^{0,4}} (T_g - T_a) \right]^{1/4} - 273,15 \quad (I)$$

Onde:

T_{trm} = temperatura radiante média;

T_g = temperatura do globo;

V_a = velocidade do ar;

ε = emissividade do globo;

D = diâmetro do globo;

T_a = temperatura do ar

Portanto, a temperatura radiante média resume a exposição do corpo humano a todos os fluxos de radiação de ondas curtas e longas (direta, difusa, refletida e emitida) em um determinado ambiente (JOHANSSON et al, 2014).

2.5.3 Umidade do ar

A umidade do ar afeta as sensações de frio e quente das pessoas (YI, XU e FENG, 2014) a partir de três mecanismos de perda de água do corpo humano, a saber: a difusão de vapor de água por meio da pele (transpiração imperceptível), a evaporação do suor da pele e a umidificação do ar respirado (PINHEIRO e CRIVELARO, 2014). Assim, o nível de umidade sentida pela pele pode ser um determinante importante da sensação de conforto térmico (LEVIN, 1995). Em relação a sua mensuração, a umidade do ar pode ser relatada a partir da umidade absoluta e da umidade relativa. As grandezas ligadas à quantidade real de vapor de água contido no ar caracterizam a umidade absoluta do ambiente, de forma mais precisa, a umidade absoluta é a relação entre a massa de vapor de água e a massa de ar seco (MIGUEL, 2014). No entanto, grande parte dos pesquisadores comentam sobre umidade relativa, o que indica o teor real de vapor (normalmente em porcentagem) em relação ao teor máximo possível para um determinada temperatura do ar e pressão atmosférica (KROEMER, KROEMER e KROEMER-ELBERT, 2014).

Ademais, as pesquisas sobre conforto térmico a nível climatológico verificam se a umidade é alta ou baixa num determinado ambiente, ou seja, se o ambiente é úmido ou seco. Diante disso, a variação da umidade pode afetar positivamente ou negativamente os indivíduos, assim como as suas respectivas produtividades (KOSONEN e TAN, 2004). Nos climas úmidos, durante o dia, a radiação é menor por causa da nebulosidade, além de que as perdas por evaporação são favorecidas em decorrência da umidade que cobre o Sol (PINHEIRO e CRIVELARO, 2014) fazendo com que

exista uma baixa amplitude térmica durante as estações. Entretanto, a alta umidade pode causar problemas de condensação em superfícies frias e retarda a perda de calor humano por resfriamento evaporativo (suor e respiração) (BRADSHAW, 2006). Já nos climas secos, o ar seco facilmente seca a água, o que acarreta malefícios a saúde tendo em vista que torna as mucosas humanas e boca seca, além de induzir resfriados, bronquite, asma e outras doenças (ZHANG et al, 2014). Isto equivale a dizer que quanto mais seco for o clima, mais acentuadas serão sua temperatura extremas (mínimas e máximas) (FROTA e SCHIFFER, 2006). Outro fator relevante no estudo da umidade é a altitude, dado que essa produz modificações na pressão de vapor, a concentração de vapor diminui à medida que aumenta a altura (MENDONÇA, 2012). Por fim, a umidade relativa pode ser medida diretamente ou a partir da temperatura do termômetro de bulbo seco e úmido (GRONDZIK E KWOK, 2015).

2.5.4 Velocidade do ar

A velocidade do ar é gerada a partir do aquecimento de superfícies irregulares, devido às diferenças de pressão locais e mediante a rotação da Terra (KHAZAIL, 2014). Ela é uma grandeza definida pela sua intensidade e direção (MATIAS, 2010) sendo um parâmetro importante do conforto térmico (IIDA, 2005) dado que grandes variações ou até mesmo alterações mínimas têm um impacto significativo sobre a sensação de conforto (LANGNER e ILLNER, 2015). Quanto mais intensa for a ventilação, maior será a quantidade de calor trocada entre o corpo humano e o ar, conseqüentemente menor será a sensação de calor (OLESEN, 2004). Assim, ela determina a sensação térmica (ANTONELLI, 2012) além de contribuir para o estado de conforto térmico dos indivíduos em condições quentes (KALZ e PFAFFEROTT, 2014), pois conduz o calor para longe do corpo mais rapidamente (LEVIN, 1995), porém é uma causa comum de reclamação em ambientes moderados e frios (TOFTUM et al, 2003). Em valores quantitativos de mensuração, o ambiente interno indica que cerca de 2 m.s^{-1} é a velocidade do ar máxima tolerável, enquanto no ambiente externo pode-se facilmente tolerar velocidade do ar até cerca de 3 m/s (GRONDZIK e KWOK, 2015).

Deve-se ressaltar que a velocidade do ar é influenciada pela altitude, topografia e pela rugosidade do solo (PINHEIRO e CRIVELARO, 2014) o que a torna um poderoso parâmetro na utilização do controle do ambiente térmico em edifícios (SEPPÄNEN e FISK, 2004). No contexto global, o fluxo da velocidade do ar varia no que diz respeito à construção em altura. Esta variação é especificada quer por perfil logarítmica (EVALO e PAPOV, 2006) ou por intermédio da divisão da velocidade de entrada para um número de zonas de entrada de ar secundário (ASFOUR e GADI, 2007). Ademais, regiões com uma topografia não uniforme tendem a aumentar a velocidade do ar em regiões mais altas. Por fim, se o solo é bastante rugoso, tende-se a ter um maior coeficiente de atrito e diminuir a velocidade do ar; caso o contrário o ar pode se propagar mais facilmente.

Embora seja um parâmetro primordial na avaliação do conforto térmico, a velocidade do ar é uma variável que apresenta dificuldades na medição e determinação devido às constantes e rápidas flutuações em intensidade e direção (RODRIGUES, 2007; MIGUEL, 2014). Para sua mensuração podem-se utilizar vários tipos de anemômetros, geralmente baseadas em princípios elétricos ou

mecânicos, como o uso do moinho de vento (KROEMER, KROEMER e KROEMER-ELBERT, 2014).

2.5.5 Metabolismo

O conforto térmico é afetado diretamente pelo metabolismo humano (PASSE e BATTAGLIA, 2015) que representa uma medida da produção interna de calor gerado pelo organismo (MEDEIROS, 2014) podendo ser mensurado por intermédio da taxa metabólica na qual se define como sendo a quantidade de energia libertada em função do nível de atividade desempenhada (OROSA E OLIVEIRA, 2012). Entende-se por taxa metabólica a quantidade de calor que o organismo precisa trocar com o ambiente para se manter em equilíbrio térmico (ROSSI, 2012). Por questões práticas ligadas à biometeorologia e ao conforto térmico, normalmente trabalha-se com tabelas de taxa metabólica associada a vários níveis de atividade (BATISTA, 2012), nas quais devem ser ponderadas consoante o tempo despendido para a realização de cada uma delas (MATIAS, 2010). Deve-se salientar que a taxa metabólica é proporcional ao peso do corpo, sendo dependente da área de superfície do referido corpo, saúde, sexo, idade, tipo de vestuário, e as condições térmicas e atmosféricas (BRADSHAW, 2006) fazendo com que sua determinação seja complexa. Assim, a norma ISO 8996 (2004) determina a taxa metabólica para uma série de atividades, servindo como um guia para pesquisadores de diversas áreas dado que relaciona o nível de atividades com diferentes profissões, posturas, entre outros (HAVENITH, 2005).

2.5.6 Vestuário

O conforto térmico depende do isolamento provido pelo vestuário (MILLANVOYE, 2007). Tendo em vista que sua função é a de criar um microclima específico de bem-estar para o indivíduo (SAMPATH et al, 2011). À medida que a interação entre as condições ambientais e o corpo humano se intensificam, o vestuário tem sua importância incrementada (HUANG, 2007; OLIVEIRA, GASPARELLO e QUINTELA, 2008) dado que o corpo humano deve ser protegido contra frio, umidade, vento e calor, garantindo o conforto térmico ao seu utilizador (SYBILSKA e KORYCKI, 2010).

Embora o objetivo primordial do vestuário seja o de garantir a sobrevivência em ambientes térmicos desconfortáveis ao corpo humano (SAMPATH et al, 2011), muitas pessoas têm de trabalhar em ambientes que os expõem a riscos específicos que necessitam de proteção oriunda do vestuário (ISSA et al, 2004). Ao utilizar vestimenta inadequada na qual subestime o ambiente, o trabalhador poderá se expor a riscos; caso a utilização superestime o ambiente, a produtividade tende a cair (MUIR, BISHOP e KOZUSKO, 2001) comprometendo a atividade desempenhada. Ademais, o isolamento térmico do vestuário também afeta a percepção térmica (STAIGER, LASCHEWSKI e GRÄTZ, 2012), representando uma das principais respostas adaptativas das pessoas (LIU et al, 2011).

Portanto, a proteção térmica fornecida pela roupa é uma das características que devem ser analisadas, a partir de um uso diário no cotidiano ou sob ponto de vista profissional (OLIVEIRA, GASPAR e QUINTELA, 2008). Um dos estudos mais significativos na atualidade é sobre a troca de calor entre o corpo humano e a sua envolvente, descrevendo a resistência térmica total da camada entre a pele e a superfície exterior do vestuário, mediante a unidade de roupa de isolamento térmico (clo) (MATUSIAK, 2010). Assim, permitiu-se determinar o nível de isolamento de diferentes vestimentas que atrelados a variações ambientais podem identificar o grau de conforto térmico. A ISO 9920 (2007) oferece uma série de procedimentos e valores padrão para diferentes vestimentas e atividades desempenhadas para garantir o conforto térmico. Embora o vestuário seja um parâmetro mediador entre a troca de calor dos indivíduos e o ambiente (HAVENITH, HOLMÉR e PARSONS, 2002).

2.5.7 Outros parâmetros que afetam o conforto térmico

Além dos quatro parâmetros ambientais e dois parâmetros individuais enunciados, existem outros fatores que influenciam no conforto térmico. As pesquisas de LAN et al. (2008); CHOI, AZIZ e LOFTNESS (2010); HASHIGUCHI, FENG e TOCHIHARA (2010); KARJALAINEN (2011) denotam que o sexo das pessoas pode possuir uma influência na sensação térmica das mesmas, devido a diferenças existentes na percepção do homem e da mulher. Por exemplo, os homens geralmente sentem-se mais aquecidos do que as mulheres no início da exposição a uma determinada temperatura, mas mais tarde sentem mais frio, aproximando-se da sensação térmica das mulheres após 1 a 2 horas no ambiente (BRADSHAW, 2006).

Outro fator bastante preponderante é a idade dos indivíduos. A literatura existente fornece evidência consistente de que a sensibilidade a superfícies quentes/frias diminui com a idade (LENZUNI, FREDA e GAUDIO, 2009), ou seja, as pessoas mais velhas têm preferências térmicas distintas das pessoas mais jovens (HENSHAW e GUY, 2015). Uma explicação plausível é que as pessoas mais idosas possuem uma perspectiva cultural e história de experiências termais que lhes proporcionam melhores capacidades de adaptação, algumas das quais podem fornecer uma melhor qualidade de conforto térmico (TWEED, HUMES e ZAPATA-LANCASTER, 2015). Por conseguinte, SCHELLEN et al. (2010) constata que os jovens são mais sensíveis termicamente quando comparados com os idosos. Por exemplo, o metabolismo da pessoa idosa é mais lento, e, assim ela normalmente prefere temperaturas mais elevadas. A mulher também possui taxa metabólica levemente mais lenta do que o homem (GUIMARÃES, SATTER e AMARAL, 2004).

Além dos fatores ambientais e individuais, o fator psicológico influencia o conforto térmico devido a grandes diferenças entre as pessoas (SCHELLEN et al, 2012) pois além dos fatores já elencados a percepção do indivíduo não coincide necessariamente com a troca de energia corpo-ambiente, porque há um julgamento subjetivo inerente a cada estado psicológico do indivíduo (FABBRI, 2015). Em suma, o fator psicológico estará sempre presente na avaliação do conforto térmico dos indivíduos (MEDEIROS, 2014). Isso dificulta a determinação precisa de um ambiente ideal (ALMEIDA, 2011) impossibilitando a previsão de como um indivíduo vai considerar o ambiente térmico em qualquer momento particular (KARJALAINEN, 2013).

Além dos fatores psicológicos, os estudos de Yao, Li e Liu (2009) e Djongyang, Tchinda e Njomo, (2010) adicionam fatores sociais, culturais e comportamentais à gama de parâmetros. Em um contexto geral, o estudo de Matias (2010) permite agregar os demais parâmetros em três grandes dimensões: (1) Demográficas, nomeadamente, o sexo, a idade e o estatuto econômico dos indivíduos; (2) Contextuais, como o design, o tipo de edifício, o clima ou estação do ano, bem como o condicionamento social; (3) Cognitivos, designadamente, as atitudes, preferências e as expectativas dos indivíduos em relação ao ambiente térmico.

Do exposto, constata-se que existem muitas combinações de fatores que influenciam as respostas humanas aos ambientes térmicos (PARSONS, 2014) e variando alguns desses fatores ou até todas as condições finais podem ser proporcionadas sensações ou respostas semelhantes a determinado ambiente (FROTA e SCHIFFER, 2006; MILLANVOYE, 2007; LAN, WARGOCKI e LIAN, 2011). Por fim, verificam-se significativas diferenças interindividuais na apreciação desse conforto, o que torna delicada a elaboração de consenso no assunto (MILLANVOYE, 2007), pois há diferenças nas características físicas, psicológicas e comportamentais das pessoas (ZHAO et al, 2010).

Diante da variação do conforto térmico, de acordo com as diferenças geográficas e a dificuldade de quantificação de fatores não-fisiológicos, o exame de campo é o método de investigação mais adequado principalmente quando se fala em ambiente exterior (MA, LI e ZHU, 2015), sendo necessário para a construção de padrões de conforto térmico em áreas locais (HWANG e LIN, 2007; CHENG et al, 2008). Portanto, conforto térmico deve ser estudado em edifícios reais e em condições regulares de ocupação (LENOIR et al, 2011) tanto para análise do ambiente interno e/ou externo.

2.6 Os índices de ambiente térmico

Ao longo do século XX, muitas pesquisas tentaram definir e avaliar a percepção térmica relacionando-se com o estresse/conforto térmico (COHEN, POTCHTER e MATZARAKIS, 2013), como tentativa de prever como um ser humano se sente em um determinado ambiente da forma mais real possível (VANOS et al, 2010). Com o passar dos anos, os avanços científicos possibilitaram o desenvolvimento de modelos (ou índices) térmicos que se tornaram amplamente utilizados na avaliação do homem perante o ambiente térmico (PARSONS, 2014). Os primeiros modelos utilizados foram concebidos verificando agentes biofísicos, com base em parâmetros meteorológicos simples ou compostos. Nesse âmbito constam os modelos mais clássicos que foram pioneiros na interligação entre ambiente e conforto térmico.

Diante de tais esforços científicos na área, adicionados à necessidade de desenvolver modelos para aplicações militares e aeroespaciais (CHENG, NIU e GAO, 2012), os índices fisiologicamente relevantes começaram a ser desenvolvidos por volta da década de 1970 (KNEZ e THORSSON, 2006) com o intuito de estimar o balanço de energia do corpo humano nesses ambientes (GULYÁS, UNGER e MATZARAKIS, 2006). Tais índices têm a finalidade de diagnosticar o índice de conforto térmico e, se possível, indicar o melhor intervalo de conforto para desempenhar

uma determinada atividade, a partir de diferentes métodos de pesquisa (De Dear, 2004). Neste sentido ocorrem adaptações e validações de modelos já consagrados (YAO, LI e LIU, 2009), tais como o de Fanger (1970), além do desenvolvimento de novos modelos voltados a setores específicos.

Diante disso, inúmeros índices de conforto térmico têm sido propostos e estão sendo aplicados em todo o mundo (HUANG et al, 2012; COHEN et al, 2013), de entre os quais muitos derivam de estudos de campo, com o objetivo de analisar a aceitabilidade real do ambiente térmico, que depende fortemente do contexto, sobre o comportamento dos ocupantes e sobre as suas expectativas (MEI-LAN et al, 2009). Sendo assim, o estudo e a avaliação de ambientes térmicos tem sido um tema importante de investigação e, hoje, existem na literatura, vários métodos de análise (CORREIA, 2005).

Atualmente tem-se procurado explicar a sensação térmica humana por intermédio de modelos teóricos de comportamento fisiológico ou de correlações simples entre os ambientes externo e interno (Da PIEDADE, RODRIGUES e RORIZ, 2003). Assim, desenvolveram-se índices difundidos na literatura científica por se basearem na temperatura, conforto, estresse ou sensações de uma determinada população, com a finalidade de expressar sua opinião sobre o ambiente a ser avaliado (FABBRI, 2015). Contudo, como já foi enunciado anteriormente, o problema está relacionado ao fato de que o conforto térmico depende das características individuais (fisiológicas e psicológicas) (DORNELLES e RORIZ, 2004) sendo um parâmetro difícil de ser modelado por equações matemáticas (OROSA e OLIVEIRA, 2012). Portanto, os índices podem ser categorizados de acordo com a Tabela 8 acompanhados de suas características gerais.

Tabela 8 – Índices de ambiente térmico e suas características

Tipos de índices	Características gerais
Índices biofísicos	Baseiam-se nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos
Índices fisiológicos	Baseiam-se nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar
Índices subjetivos	Baseiam-se nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam

Fonte: Frota e Schiffer (2006)

Verifica-se ainda que os índices de conforto térmico são extremamente importantes, pois são decisivos na avaliação do conforto sobre uma determinada população de indivíduos, além de possuírem parâmetros ambientais pré-definidos para a medição. No tocante às edificações, os modelos mais comuns são baseados em condições térmicas de estado estacionário e não consideram as condições instáveis devido ao ganho solar e às variações de temperatura ao ar livre (BURATTI et al, 2013). Em sintonia com isso, os modelos matemáticos projetados para o conforto térmico interior tem uma tendência a superestimar a sensação real de usuário ao ar livre (BOJÓRQUEZ et al, 2010). Além disso, os modelos desenvolvidos para estimar a sensação térmica em ambientes internos também foram utilizados sem qualquer modificação para ambiente exterior (PANTAVOU et al, 2013), o que descaracteriza a realidade do ambiente. Os modelos de conforto térmico para ambiente exterior são projetados para avaliar o equilíbrio energético do

corpo com base no fluxo de calor e umidade entre a pessoa e o ambiente circundante (KENNY et al, 2009). É evidente que se tem uma gama de ferramentas de avaliação de conforto térmico exterior em vários graus de sofisticação, simulando as propriedades anatômicas, térmicas e fisiológicas do corpo humano (NIKOLOPOULOU, 2011). Sendo assim, a quantificação das condições térmicas por intermédio desses índices não caracteriza com grande precisão as estimativas reais das pessoas (KÁNTOR, ÉGERHÁZI e UNGER, 2012) devido em grande parte à complexidade de variáveis existentes, o que torna o estudo ainda mais desafiador (NIKOLOPOULOU, 2011).

Constata-se assim que sempre haverá diferenças entre um modelo térmico e o que ele representa (PARSONS, 2014) independente do tipo de ambiente a ser direcionado. Em sintonia a isso, pode-se exemplificar os atuais índices de estresse de calor, os quais possuem difícil aplicação ou são inviáveis em muitas situações laborais, deixando as indústrias sem uma estratégia eficaz de gerenciamento de calor (MILLER e BATES, 2007). Paralelamente a esse fato, a investigação ocorrendo em um cenário laboral que exige determinado esforço físico por parte dos trabalhadores poderia ser um ganho adicional tendo em vista que caracterizaria um ambiente de trabalho exterior, sob o prisma do conforto térmico. Um dos setores mais relacionados a essa premissa é o meio militar, pois induz condições de trabalho em condições extremas, assim como o trabalho desempenhado em canteiro de obra (WOLFF e SPÉRANDIO, 2007) no setor da construção de edificações.

2.7 A utilização de questionários na avaliação do ambiente térmico

A avaliação da resposta humana subjetiva em função das condições climáticas envolve diferentes abordagens e critérios (STATHOPOULOS, WU e ZACHARIAS, 2004; YIN et al, 2012), dentre as quais a utilização de instrumentos de pesquisa possibilita uma conjuntura real entre o ambiente e as pessoas. Diante disso, a utilização de questionários emerge como um instrumento de grande utilidade. Ademais, tornou-se uma prática comum em grandes organizações, em particular as organizações de serviços de instalações, a realização de perguntas que se assemelhem ao tema de sensação térmica a partir de questionários (WANG, FEDERSPIEL e ARENS, 2005).

Os questionários difundiram-se rapidamente em todo o mundo devido às vantagens oriundas de suas características básicas, nas quais se destacam a elevada praticidade de aplicação (ROSECRANCE et al, 2002), além de coletar uma variedade de dados a respeito de um grupo de pessoas em relação a custos razoáveis durante um período de tempo (IJMKER et al, 2008). Assim, a sua adoção foi incorporada nos estudos sobre de sensação térmica de pessoas, sendo representadas pelas normas ISO 10551 (1995) e ASHRAE 55 (2010) que fornecem modelos de questionários pré-estruturados com perguntas e respostas em escalas de julgamento.

Contudo, as referidas normas baseiam-se apenas em ambientes fechados que possuem uma natureza uniforme, em comparação com o alto grau de complexidade temporal e variabilidade espacial dos ambientes externos (NAGARA, SHIMODA e MIZUNO, 1996; THORSSON, LINDQVIST e LINDQVIST, 2004; KENNY et al, 2009) ocasionando algumas suposições, tais

como: condições estáticas do ar, negligenciamento do efeito da radiação solar (PANTAVOU et al, 2013) e atribuição do estado estacionário ao balanço térmico do corpo, o que raramente ocorre (YAHIA e JOHANSSON, 2013). Diante disso, a aplicação desses questionários distorce a caracterização fidedigna de um ambiente externo, personificando-se como uma limitação no estudo do ambiente térmico em geral. Corroborando com essa premissa, os construtos empíricos de Knez e Thorsson (2006) afirmam que as respostas subjetivas ao ambiente exterior tem mostrado que as sensações térmicas reais diferem das previstas e que os limites de conforto interior não espelham necessariamente o ambiente externo.

Isso reflete a necessidade de desenvolver um questionário que utilize variáveis que caracterizem o ambiente externo, mantendo as variáveis existentes para ambientes fechados que sejam em comum aos ambientes externos, além de adotar outras variáveis. Não obstante, ao se desenvolver um questionário deve-se verificar se esse é válido para seu público-alvo. Diante disto, é imprescindível que quaisquer instrumentos de pesquisa sejam válidos para garantir a acuracidade do estudo a ser realizado. Assim, a validade de um questionário é considerada aceitável quando se mede o que se destina a ser medido (ENGVALL, NORRBY e SANDSTEDT, 2004), ou seja, quando se executa um teste de capacidade do instrumento verificando sua confiabilidade (RYAN, 2013). Assim, a confiabilidade é usada para indicar à medida que os diferentes itens, medidas ou avaliações são consistentes entre si e da verificação se cada medida está livre de erros de medição (LEECH, BARRETT e MORGAN, 2005). Portanto, para a validade de um instrumento de medição ser assegurada, o mesmo deve ser comprovadamente confiável (HO, 2013).

Portanto, surge a importância da utilização do teste de confiabilidade de Alfa de Cronbach, dado que ele é frequentemente usado na literatura que envolve a temática de predição humana para relatar a consistência interna de uma escala de vários itens (CHRISTMANN e VAN AELST, 2006; SHELBY, 2011), sendo considerado o índice de confiabilidade mais utilizado esse fim (SUN et al, 2007). De acordo com o índice quantificado, uma correlação perfeita resultaria em "Alfa = 1" e na ausência de qualquer correlação resultaria em "Alfa = 0" (ADAMSON e PRION, 2013). A regra geral é verificar se o Alfa de Cronbach é menor ou maior que 0,7 (RASLI, 2006) onde normalmente afirma-se que um valor entre 0,7 e 0,8 é aceitável e valores substancialmente mais baixos indicam uma escala não confiável (FIELD, 2009). Em suma, teste de Alfa de Cronbach é indicado na verificação da confiabilidade do questionário, tendo em vista que a sensação térmica das pessoas pode ser mais bem aferida a partir de uma escala Likert, onde os entrevistados devem escolher uma alternativa de um determinado número de categorias de resposta ordenada (LIU, WU e ZUMBO, 2010) que no caso contempla variáveis relacionadas ao ambiente térmico.

2.8 Breve histórico do ambiente térmico e suas relações com as edificações

Entre os temas mais antigos estudados pelo homem está o ambiente térmico mediante um misto de necessidade e facilidade de observação e indagação das sensações sentidas em dias frios e quentes (MACPHERSON, 1962). Ao longo da história, pode-se observar como o homem tem se comportado em relação a condições climáticas adversas, buscando as melhores condições de conforto térmico, tanto nos espaços internos e externos (GONZÁLEZ, MACHADO e BARROSO,

2002; SUBRAMANIAN, COUTINHO e SILVA, 2007; SILVA et al, 2010) para favorecer a execução das mais diversas tarefas inerentes ao seu cotidiano (OLIVEIRA, 2008). Pode-se exemplificar a partir dos avanços no período Mesolítico, onde o domínio do fogo permitiu que o Homem se aquecesse em momentos de frio intenso, tornando-se um dos fatores decisivos para trocar o estilo nômade pela adoção de um estilo sedentário, no qual fixava sua moradia (PINHEIRO e CRIVELARIO, 2014). Diante disso emergia a relação entre ambiente térmico e habitação, nas quais estas começaram a ser projetadas para criar ou alcançar condições de vida confortável para os moradores em resposta ao clima existente (SARKAR, 2013). Pode-se constatar isso na concepção da arquitetura de cada região, cujas características derivam da agressividade ou doçura do clima (ISQ, 1996).

Sob este prisma científico, por volta de 400 a. c., o filósofo Sócrates desenvolvia alguns raciocínios sobre a disponibilidade climática de casas, questionando-se como construir para garantir o conforto térmico (AULICIEMS e SZOKOLAY, 2007). Nesse sentido, Aristóteles (384-322 a.c.), buscou caracterizar o ambiente térmico de forma geral, ao referir-se a quatro elementos (Terra, Fogo, Ar e Água) e a quatro qualidades (quente, frio, seco e húmido) (MARTINS, 2011). Posteriormente, em relação às habitações, Vitruvius (século I a. c.) considerou a necessidade de verificar o clima no projeto do edifício para garantir maior conforto, contudo seus estudos tiveram pouca influência sobre a prática da arquitetura na época (AULICIEMS e SZOKOLAY, 2007). À medida que a complexidade da vida aumentou assim como as necessidades do homem graças à sofisticação de novos parâmetros de qualidade de vida, a habitação deveria atender a uma variedade cada vez maior de exigências (LEE, 1975), direcionando esforços sinérgicos na construção de habitações mais robustas e modernas. Passados os anos, o homem construiu caixas cada vez mais elaboradas para se proteger dos elementos (BURROUGHS e HANSEN, 2011)

Isso fez com que o desenvolvimento "moderno" da construção não se preocupasse com a qualidade térmica dos edifícios (AKAIR e BÁNHIDI, 2007), embora sua inteligência e criatividade permitissem criar um ambiente confortável para desenvolver suas atividades (BUDAIWI, 2007). Passados séculos, o homem procurou controlar a temperatura, umidade e fluxo de ar com a finalidade de possibilitar o desenvolvimento urbano no mais inóspito dos lugares (CLEMENTS-CROOME, 2011). Esse cenário permeou até o século XIX onde o entendimento de conforto só havia sido relacionado aos fatores de luz, calor e ventilação (BRAGER e De DEAR, 1998), contudo a criação e difusão de sistemas de climatização artificial começaram a modificar o panorama. Assim, a partir do século XX as pessoas adotaram a ventilação para melhorar a qualidade do ar interior de suas residências ou locais de trabalho (GAO et al, 2009), principalmente depois da segunda guerra mundial que difundiu o arrefecimento ativo no sector da construção (GRONDZIK e KWOK, 2015) fazendo com que a investigação sobre o conforto térmico tenha tido um dos maiores esforços por parte dos engenheiros de sistemas de climatização (WANG et al, 2005). Paralelamente a isso, o estudo do ambiente térmico começou a ser aprofundado mediante o impacto que esse conceito tem na produção e na melhoria da qualidade de vida e condições de trabalho (CERDEIRA, 2012; MOLINA e VEAS, 2012), pois se verifica que o homem tinha mais motivação para as tarefas diárias quando o ambiente lhe proporcionava conforto, vislumbrando a possibilidade de aumentar a produtividade (BESNARD et al, 2004). Com o intuito de tentar

quantificar esses efeitos e oferecer uma avaliação mais sistêmica do ambiente térmico, muitos modelos matemáticos foram desenvolvidos com a finalidade de obter a melhor aproximação da realidade de como um ser humano se sente em um determinado ambiente (VANOS et al, 2010).

2.9 A construção de elevadas edificações

A construção de estruturas domésticas e comerciais, bem como estradas e outras obras são realizadas em praticamente todas as sociedades (LISS, PETSONK e LINCH, 2010) evidenciando o impacto que a construção civil exerce no ambiente e na vida das pessoas (CHUNG et al, 2014). Dentre os diferentes tipos de construção, os edifícios altos, também conhecidos como arranha-céus quando são extremamente elevados, inserem-se nesse contexto dado que alteram o cenário geográfico, ambiental e econômico onde se situam. Os arranha-céus são edifícios que possuem vários pavimentos, os quais devem ser cobertos por um revestimento e devem possuir um telhado (JOSEPH, 2002) o que demonstra uma subjetividade no conceito. De fato, não há uma definição absoluta a respeito do “edifício alto”, contudo devem-se verificar três critérios: 1) Altura relativa ao contexto no qual está inserido; 2) proporção de ocupação no espaço geográfico e; 3) tecnologias utilizadas em construções verticais (COUNCILON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT (*Sem ano*). Embora as atuais áreas urbanas configurem uma variedade de coberturas de terra e estruturas geométricas de várias alturas (SONG e PARK, 2015), a construção de edificações elevadas teve seu início há mais de um século.

A construção de edifícios com altura diferenciada iniciou-se a partir de 1880, por meio de prédios comerciais (SMITH e COULL, 1991), originando o termo arranha-céus devido a competição das companhias de seguros rivais e jornais pelo título de edifício mais alto de Nova York (BASCOMB, 2004). Contudo, o primeiro arranha-céu do mundo é considerado na literatura como o edifício construído em Chicago em 1885 (CRAIGHEAD, 2008), que proporcionou o desenvolvimento de outros edifícios altos que tiveram sua construção finalizada na primeira metade do século XX, com geometrias retangulares e janelas pequenas (VOLLMER e MOLLMANN, 2012) sendo majoritariamente construídos na América do Norte. A partir da segunda metade do citado século, a Europa, em seu período pós-guerra, começou a desenvolver edifícios maiores de 100 metros (PIETRZAK, 2015) disseminando os edifícios altos em escala intercontinental. No final do século XX, a maioria dos edifícios altos estava previsto para as cidades do leste asiático (ALKODMANY, 2011). Em 2012, dos 20 edifícios mais altos do mundo, 18 estão na Ásia (NEHDI, 2013) e a estatística mostra que 58 dos 100 edifícios mais altos do mundo foram concluídos nos últimos sete anos (CAO et al, 2014) exibindo a sua importância no atual contexto da construção civil. Diante disso, a importância da construção civil é maximizada mediante o atual desenvolvimento da sociedade, fazendo com que modelos urbanos mais sofisticados, realistas e abrangentes sejam desenvolvidos (NAZARIAN e KLEISSL, 2015). Por outro lado, toda essa popularização dos edifícios altos não ocorreu ao acaso, mas sim diante de uma série de fatos ao longo dos anos.

Ao passar das décadas, as cidades cresceram em tamanho físico e populacional originando o aumento na quantidade de bairros residenciais (LI et al, 2015) o que ocasionou a construção de

numerosos edifícios (HONG e LIN, 2014). Contudo, para que esse crescimento continue ocorrendo é imprescindível a disponibilidade de terras, porém o que ocorre nas grandes cidades é uma diminuição de espaços livres para construção de novas habitações, o que impulsiona a tendência de verticalização (SILVA, NASCIMENTO e BITOUN, 2009). Além disso, é necessário um maior planejamento da densidade urbana, dado que os corredores urbanos se tornam mais estreitos e os edifícios com estruturas cada vez mais altas (HIEN et al, 2011). Neste sentido, constata-se que a crescente verticalização das edificações é uma tendência mundial principalmente nas grandes cidades, devido ao aumento gradativo da concentração de pessoas no mesmo espaço geográfico. Assim, os arranha-céus estão se tornando uma tendência, principalmente devido à escassez de terrenos, particularmente em países de rápido desenvolvimento (TAIB et al, 2010). Portanto, a presença dos arranha-céus torna-se cada vez mais frequente, proporcionando maior intensificação visual de um ambiente construído nas paisagens urbanas. Nas últimas décadas, duas tendências ganharam força a respeito dos arranha-céus: 1) eles ganharam mais curvas geométricas, o que leva a panoramas espetaculares e fascinantes à distância; 2) a maioria das fachadas envolvem superfícies refletoras, com o intuito de evitar carga térmica intensa no interior do edifício durante o verão (VOLLMER e MOLLMANN, 2012).

Em contrapartida, essas tendências atreladas a uma crescente verticalização podem acarretar impactos negativos à sociedade. Há um grande debate sobre a tipologia dos arranha-céus, pois sua contribuição para o ambiente urbano gera controvérsia entre os estudiosos da área (WOOD, 2007). Uma corrente de pesquisadores alerta que a energia envolvida na construção em altura, combinada com o impacto sobre o mundo urbano, tornam este tipo de construção, uma opção ambientalmente insustentável (WOOD, 2004). Essa premissa é oriunda da utilização maciça de sistemas de climatização em edifícios, principalmente em climas quentes e úmidos que têm sido tradicionalmente resfriados por ventilação (GHADIRI, IBRAHIM e DEHNAVI, 2011).

Isto é decorrência do formato da maioria dos arranha-céus contemporâneos, pois estes são projetados de modo que o ambiente interno é totalmente fechado e desligado das condições climáticas do local (PANK, GIRARDET e COX, 2002). Além disso, o ambiente construído eleva a temperatura das cidades em vários graus quando comparadas com zonas rurais e suburbanas (QIN, 2015) fazendo com que esses espaços urbanos sejam frequentemente caracterizados por microclimas inaceitáveis e ausência de conforto térmico (YAHIA e JOHANSSON, 2014).

2.10 Condições climáticas que afetam as construções

Ao longo da história, pode-se observar como o homem tem se comportado em relação a condições climáticas adversas (GONZÁLEZ, MACHADO e BARROSO, 2002) tendo em vista que essas condições influenciam a paisagem arquitetônica em diferentes regiões do mundo (GE et al, 2014). Assim, condições climáticas confortáveis são necessárias para qualquer tipo de ambiente (HASSAAN e MAHMOUD, 2011), contudo diversas atividades econômicas são afetadas por flutuações meteorológicas (PSILOGLOU et al, 2009) nas quais se expõem os trabalhadores a condições extremamente estressantes (TAYLOR, CALDWELL e DYER, 2008). O setor da construção de edificações insere-se nesse contexto, dado que é extremamente vulnerável a

intempéries devido às suas características, o que exerce uma forte influência no comportamento de uma pessoa diante de um determinado ambiente térmico (BRAVO e GONZÁLEZ, 2013) afetando sua percepção de conforto (OROSA e OLIVEIRA, 2011).

Além disso, o ambiente urbano, no qual normalmente se encontram as edificações em construção, apresenta diferenças microclimáticas de áreas rurais, devido principalmente à alteração da estrutura da superfície (por exemplo, proporção de área construída, geometria 3D dos edifícios e árvores) que pode desencadear determinados fenômenos urbano-climáticos (GULYÁS, UNGER e MATZARAKIS, 2006). Por outro lado, uma aglomeração urbana não apresenta necessariamente as mesmas condições climáticas relativas ao macro-clima regional na qual está inserida (FROTA e SCHIFFER, 2006) o que impulsionou a difusão de estudos em todo o mundo cobrindo muitos climas e culturas diferentes, originando uma base de dados significativa (JOHANSSON et al, 2014). Uma vez que o ambiente térmico exterior pode não ser confortável o tempo todo, os vários microclimas criados oferecem aos indivíduos a capacidade de controlar e superar o desconforto térmico (THORSSON, LINDQVIST e LINDQVIST, 2004) adotando comportamentos adaptativos para melhorar a sua saúde, desempenho, eficácia e conforto dos que estão nesse ambiente (WANG et al, 2014). Portanto, o desenho urbano de uma cidade, o micro-clima e o conforto térmico estão interligados (DIN et al, 2014).

Por outro lado, à medida que progride a urbanização, o problema de aquecimento urbano é agravado principalmente por causa da redução da vegetação paralelamente ao aumento da construção no ambiente urbano (SUN, 2011). Além disso, a intensa utilização de equipamentos de energia nas edificações produz alta carga de calor residual que é emitido para o meio ambiente no qual o edifício se insere, que por sua vez intensifica o efeito das Ilhas de Calor Urbano (ICU) (SMITH e LEVERMORE, 2008). Essas são caracterizadas por um aumento da temperatura, que pode potencialmente aumentar a magnitude e duração das ondas de calor no interior das cidades (TAN et al, 2010). Um dos efeitos das ICU é verificado durante o dia, quando a combinação de altas temperaturas com a intensa radiação solar cria graves problemas de estresse por calor (EMMANUEL, ROSENUNDB e JOHANSSON, 2007). As ICU afetam ao nível da rua, o conforto térmico, saúde, qualidade, meio ambiente e podem causar aumento da demanda de energia urbana (HIEN et al, 2011). Os estudos de Hu et al (2012), constataram que a intensidade das ICU em uma altura de 80 metros é menor do que em uma altura de 2 metros ou 10 metros. Dentre as possíveis explicações a isto, tem-se que: edifícios com elevada altura proporcionam um sombreamento no meio urbano no qual estão inseridos, resultando numa redução de temperatura proveniente da radiação solar (JOHANSSON e EMMANUEL, 2006; HIEN et al, 2011) quanto maior for a altura do edifício mais exposto este estará a elementos climáticos tais como o vento, o Sol e a chuva (TAIB et al, 2010) além de o ar torna-se cada vez mais rarefeito.

Esta última explicação revela que as condições climáticas também representam um fator determinante para a avaliação do desempenho térmico das edificações, por intermédio das interações térmicas entre o ambiente externo e interno (SIQUEIRA et al, 2005). O estudo de Orosa e Oliveira (2011) corrobora esta premissa, na medida em que conclui que as diferenças climáticas afetam a percepção de conforto, atingindo um bom nível de concordância entre a sensação térmica e os modelos adaptativos existentes. Sendo assim, alguns parâmetros ambientais ganham

relevância quando se trata de construções de elevadas alturas. Em áreas urbanas as condições de vento desempenham grande impacto: na ventilação natural nos edifícios, no conforto térmico humano, e na dispersão de poluentes atmosféricos (KRÜGER, MINELLA e RASIA, 2011). Em muitos países a temperatura exterior é inferior à temperatura interior, fazendo com que a ventilação possa ser usada para reduzir as temperaturas elevadas de apartamentos (SEPPÄNEN e FISK, 2004). Ademais, a ventilação em uma habitação proporciona saúde, conforto (PRIANTO e DEPECKER, 2002) e melhor qualidade do ar, o ajuda a reduzir a carga térmica dos sistemas de ar condicionado (ZAKI, HAGISHIMA e TANIMOTO, 2012). Tais fatos revelam-se como uma tendência na área, na qual os edifícios naturalmente ventilados começaram a obter a maior parte da atenção do mundo (LIU et al, 2014), assim como locais ao ar livre possuem a vantagem de economia de energia para uma melhoria da qualidade social da vida (DEB e RAMACHANDRAIAH, 2011). Diante disso, a mudança de altitude acompanhada por variáveis geográficas e meteorológicas determina quais variáveis climáticas influenciam o conforto térmico (GONZÁLEZ, MACHADO e BARROSO, 2002), fazendo com que as avaliações bioclimáticas exijam a aplicação de distintos procedimentos em diferentes condições (MARTINEZ-TEJEDA e GARCIA-CUETO, 2002).

No tocante ao estudo climático oriundo de regiões urbanas mais extenuantes, verifica-se que o ambiente térmico afeta sensação de "quente" ou "frio" e "úmido" ou "seco" dos indivíduos (HUANG et al, 2012). Quando esses se encontram em regiões climáticas mais quentes tendem a ter maior tolerância ao calor quando comparado com regiões mais frias (CHOW et al, 2010) e passados alguns dias, as suas respostas fisiológicas ao calor alteram-se, suando mais cedo e em maior quantidade a determinado estímulo térmico (CARVALHAIS, 2011). Isso caracteriza o processo de aclimatização perante a um ambiente, que consiste em uma série de ajustes fisiológicos que ocorrem quando um indivíduo é sujeito a um determinado ambiente térmico (RODRIGUES, 2007; ANDREASI, 2009). Por outro lado, há uma diferença fisiológica nos seres humanos que ocasiona uma maior exigência de termorregulação entre climas úmidos se comparado com climas secos, agravando o estresse térmico proveniente de calor. Ambientes úmidos impedem a perda de calor por sudorese que é uma das principais formas de perda de calor em ambientes quentes, enquanto no ambiente seco isso não ocorre, bastando apenas um plano de hidratação adequado com reposição de minerais para garantir um bom desempenho físico e tolerância ao ambiente (CARVALHAIS, 2011). Em climas de baixa umidade do ar, há ressecamento das mucosas a ponto de provocar hemorragia nasal, bem como ressecamento dos lábios, além de desidratação com sérios riscos à saúde (COUTINHO, 2005). Já nos ambientes com alta umidade, a pessoa suava abundantemente, mas o suor goteja ou molha a roupa sem, contudo, evaporar o que não retira o excesso de calor (COUTINHO, 2011). A combinação de calor e umidade nos meses de verão pode ser um perigo à saúde dos trabalhadores da construção devido a possibilidade do desenvolvimento de doenças relacionadas com a exposição ao calor, tais como o câncer de pele (COSTA et al, 2010). Além disso, os estudos sobre o conforto térmico ao ar livre em climas quentes e úmidos são poucos (JOHANSSON e EMMANUEL, 2006) o que representa um nicho a ser explorado.

2.11 Conforto térmico nas edificações

A função fundamental de qualquer edifício é regular os fatores ambientais externos para fornecer e manter um clima interior confortável e saudável (PITARMA et al, 2004; AADITYA e MANI, 2013; DEUBLE e De DEAR, 2014; GRONDZIK e KWOK, 2015), ou seja, a principal diferença entre uma habitação e outros ambientes é que os indivíduos residentes geralmente têm mecanismos para controlar seu próprio conforto (TWEED, HUMES e ZAPATA-LANCASTER, 2015).

Nos edifícios, uma pessoa normalmente compartilha o ambiente construído com outras pessoas (FRONTCHAK e WARGOCKI, 2011), originando uma interação contínua e dinâmica entre os ocupantes e os seus arredores, que produzem efeitos fisiológicos e psicológicos sobre o indivíduo (LAN e LIAN, 2010) que impactam na percepção do ambiente. Contudo, se muitas pessoas ocupam o mesmo espaço é difícil fornecer conforto térmico para todos ao mesmo tempo (FANGER, 2000; FANGER, 2001) justamente pela variação dos fatores fisiológicos e psicológicos (KHALIL e KHALI, 2015), constatando que é impossível que todos os ocupantes de um ambiente se sintam termicamente confortáveis em simultâneo (MOÇO, 2014).

Diante disso, a necessidade de alcançar um padrão agradável de conforto térmico no interior do edifício ganhou relevância (SOURBRON et al, 2009) o que veio a popularizar os sistemas de climatização artificial (MARC et al, 2010) que tendo elevada capacidade de personalização da regulação se tornaram rapidamente indispensáveis em muitas partes do mundo (QIU, LIU e RIFFAT, 2012) principalmente em edifícios localizados em regiões quentes (ou em regiões com verão quente (KRUGER e ROSSI, 2011). Exemplifica-se mediante os edifícios comerciais que utilizam o ar-condicionado como objetivo de proporcionar um ambiente termicamente aceitável para o conforto humano, permitindo uma melhor produtividade no trabalho (KOSONEN e TAN, 2004). Assim, esse foi utilizado para controlar o ambiente térmico (KOSTIAINEN et al, 2008) tornando-se muito comum em prédios modernos (TSE e SO, 2007) utilizando uma fração cada vez mais importante da energia (SHARMA e TIWARI, 2007).

Em sintonia a isto, a promessa de criar um clima interno perfeito acarretou na proliferação de edifícios comerciais modernos com janelas fixas e com sistemas de climatização artificial (ROWE e DINH, 2001) que garantissem um melhor padrão de conforto durante todo o ano (ZHANG, ARENS e PASUT, 2011) reduzindo o risco de desconforto local e (WANG e TIAN, 2013) proporcionando um ambiente seguro, saudável, confortável e produtivo para os ocupantes (HOOFT e ROELOFSEN, 2008).

Por outro lado, esses fatos corroboraram para o aumento considerável de consumo de energia (KRUGER, MINELLA e RASIA, 2011; YUN, KONG e KIM, 2012; SARKAR, 2013; LIU et al, 2014; YIN et al, 2014) além de evidenciar indiretamente que esse consumo depende significativamente dos critérios utilizados para o ambiente interno (temperatura, ventilação e iluminação) e projeto de construção e operação (SARBU e SEBARCHIEVICI, 2013). Com a recente crise energética em distintos países, a eficiência dos edifícios tornou-se um tema importante por impactar nas questões do aquecimento global induzido pelo homem e o esgotamento dos recursos energéticos fósseis (THIERS e PEUPORTIER, 2012), atraindo atenção

de diferentes governos (HONG, XIAO-LEI e YA-FENG, 2009) para economia e uso eficiente dessa energia (SHARMA e TIWARI, 2007).

Assim, o impasse entre a economia de energia e conforto dos ocupantes a partir de sistemas de climatização artificial (WONG e MUI, 2009; ZHOU e HAGHIGHAT, 2009) é um dos principais desafios enfrentados pela indústria da construção, ocasionando a necessidade de criar soluções para reduzir o uso de energia em edifícios (WONG et al, 2002; TAIB et al, 2010) ratificando a forte importância econômica proveniente do estudo do ambiente térmico (RODRIGES, 2007). Neste contexto os arquitetos estudaram conforto térmico dos edifícios e suas necessidades energéticas (BERKOVIC, YEZIORO e BITAN, 2012) tornando o ambiente térmico como um fator relevante no processo de definição do projeto da habitação, dado que a sua variação pode afetar significativamente a saúde e a produtividade das pessoas (LI, WALL e PLATT, 2011). Em relação aos estudos científicos realizados em edifícios nos últimos anos, verifica-se que as pesquisas se concentram na questão do conforto térmico das pessoas que desempenham alguma atividade no interior dessas edificações (WAFI, ISMAIL e AHMED, 2011), o que tem gerado muitos estudos sobre os diferentes tipos de edifícios, no tocante ao design, concepção e gestão dos aspectos térmicos (IBRAHIM, GHADDAR e GHALI, 2012).

Do exposto, nos futuros edifícios em construção, haverá um foco crescente na melhor utilização de energia e qualidade do ambiente (SARBU e SEBARCHIEVICI, 2013), personificando o grande desafio em desenvolver conceitos de construção que apresentem projetos eficientes em termos de energia para baixo consumo energético de aquecimento e arrefecimento dos edifícios (IBRAHIM, GHADDAR e GHALI, 2012; LUCAS, FERREIRA e BARROSO De AGUIAR, 2013).

Em suma, constata-se que os estudos sobre conforto térmico em edifícios já construídos estão largamente difundidos na literatura graças a dois fatores primordiais: (1) a maciça utilização de sistemas de climatização com objetivo de manter ambientes termicamente confortáveis para os ocupantes (TSE e SO, 2007); (2) o elevado consumo de energia como consequência da utilização dos espaços condicionados (ZHOU e HAGHLIGHAT, 2009), nos quais representam cerca de 30% da utilização total da energia industrial (ROHDIN e MOSHFEGH, 2007). Por outro lado, também se constata grande lacuna de estudos que relatem o ambiente térmico exterior em edifícios, como por exemplo, no momento da sua construção. Além disso, pode-se estudar a relação que o ambiente térmico exerce na produtividade dos trabalhadores no decorrer da construção.

2.12 Produtividade na construção de edificações

O conceito de produtividade já existe há muito tempo (KARIMI e GIDADO, 2012) tendo sido utilizado cientificamente por Quesnay (1766) no periódico *Journal de l'Agriculture*, ou seja, há mais de dois séculos (TANGEN, 2005). Com o passar dos anos, a busca por uma maior produtividade, tornou-se essencial para quaisquer empresas de bens tangíveis ou intangíveis (MARQUES, 2010) principalmente a partir dos anos de 1990 (ISMAIL et al, 2010). Atualmente, para uma organização obter êxito em suas metas, o desempenho expressado pela produtividade de seus funcionários é de vital importância (CLEMENTS-CROOME, 2011). Sob um prisma

científico, fisiologistas, engenheiros, economistas e gestores podem definir a produtividade em relação à sua temática de aplicação (NIEMELA et al, 2002). Neste sentido o conceito tornou-se amplo, conforme corrobora os construtos teóricos de Limongi-França (2004), ao alertarem que a definição de produtividade pode variar de acordo com os setores nos quais se desdobram o trabalho. No tocante ao cenário industrial, a produtividade é definida como a produção por hora de cada empregado, verificando se a qualidade do trabalho está dentro da margem considerada (HOOFT e ROELOFSEN, 2008). Assim, ressalta-se que o conceito da produtividade é normalmente associado à expressão econômica do desempenho humano (SAARI e AALTO, 2006) no qual é afetado pelas condições do ambiente de trabalho (KOSONEN et al, 2011).

Um dos métodos mais utilizados para mensurar a produtividade evidencia-se na relação entre a saída e a entrada de insumos, em que o total de entrada inclui todos os recursos utilizados na produção (INGVALDSEN et al, 2004; MATTILA, 2007). Este método é tipicamente mais utilizado em setores complexos, conforme corrobora Huang et al (2009), o qual explicita que as medidas de produtividade são formuladas como uma relação entre a produção de uma ou mais entradas, ou seja, para a realização de um produto ou serviço complexo, pode-se ter várias entradas distintas que são relevantes para a mensuração da produtividade. Portanto, por mais óbvio que o significado de produtividade seja a taxa de produção de um determinado item por unidade de esforço (HUMPHREYS e NICOL, 2007), alguns setores não seguem essa premissa, de entre os quais se destaca o setor da construção. Assim, devido à complexidade do setor da construção, adoção de um índice de produtividade padronizado é um processo complexo (ALINAITWE, MWAKALI e HANSSON, 2005). Os estudos que cernem a gestão de construção são passíveis de críticas por adotar métodos que cientificamente podem ser considerados inadequados (CHAN et al, 2013).

Segundo Cunha (2011) a partir da década de 80 do século XX, vários setores industriais tiveram que buscar melhorias em seus processos e, no caso da construção civil, foram desenvolvidos sistemas de indicadores que permitem efetuar práticas de *benchmarking*. De acordo com Cavalcanti (2004) o interesse pelos sistemas de medição na indústria da construção emergiu a partir dos programas de qualidade baseados nas normas da série ISO 9000, buscando melhor qualidade e aumento da produtividade no referido setor. No entanto, Lee, Yu e Kim (2004) comentam que o uso de medidas de desempenho e seus indicadores em projetos de construção não parecem ter sido exaustivamente examinadas, o que possibilita maiores estudos em sua aplicação.

Segundo Cunha (2011) a produtividade na construção civil é definida pela quantidade de trabalho realizado, atendendo à relação entre recursos utilizados e recursos obtidos. Em sintonia com este fato, Ingvaldsen et al, (2004) explicita que no processo de edificações a produtividade pode ser relacionada ao total de metros quadrados que um grupo de trabalhadores está produzindo por um intervalo de tempo pré-determinado. Desta forma, os autores afirmam que a classificação da produtividade em elevada ou baixa é realizada por comparações com dados normativos oriundos da própria organização ou por comparação com outras organizações. Os estudos de Panas e Pantouvakis (2010) ratificam esta ideia, ao dissertarem que normalmente para equipamentos de operações intensivas (escavação, entre outras) a produtividade é definida pela relação de saída e entrada, enquanto que para trabalhos intensivos (exemplo as operações de cofragem), a

produtividade das operações é definida pelo rácio da entrada e saída.

Os construtos de Liu et al (2011), afirmam que a variação no tempo de conclusão das tarefas pode desempenhar um impacto significativo na produtividade. Assim, é necessário verificar os aspectos que causem influência nas distintas tarefas da edificação. Neste sentido o estudo de Oliveira (2003) tem por objetivo criar uma metodologia de averiguação da produtividade e qualidade na construção. O autor utilizou um índice de produtividade (Equação II) para avaliar o desenvolvimento das obras, levando em consideração as horas trabalhadas e a produção física desempenhada na edificação.

$$Produtividade = \frac{Horas\ trabalhadas}{Produção\ física} \quad (II)$$

Destaca-se que uma das premissas do estudo de Oliveira (2003) é a repetibilidade das tarefas desempenhadas assim como a repetibilidade das obras em cada pavimento do edifício. Isto se deve ao chamado efeito de aprendizagem que pode ser compreendido quando os trabalhadores já começam a se adaptar às fases da obra conforme a construção vai progredindo, reduzindo a mão-de-obra e aumentando a produtividade (DANTAS, 2011). Assim, estes mesmos trabalhadores tornam-se mais produtivos se comparados com o início das atividades. No tocante aos arranha-céus residenciais, Sacks e Goldin (2007), afirmam que a construção é caracterizada por ciclos repetitivos de atividades realizadas consecutivamente em cada pavimento. Portanto, o efeito de aprendizagem pode ocorrer nos arranha-céus.

Outro estudo relevante é o de Liu et al (2011), no qual relaciona a variação do fluxo do trabalho com a produtividade das tarefas desempenhadas no setor da construção (Equação III).

$$Produtividade = \frac{Horas\ de\ trabalho\ realizada}{Horas\ de\ trabalho\ efetivo} \quad (III)$$

Verifica-se que em ambos os estudos relacionadas acima, implicitamente tem-se a mão-de-obra do trabalhador como fator decisivo para mensurar a produtividade. Neste aspecto a produtividade da mão-de-obra é variável, pois alguns trabalhadores apresentam rendimentos superiores a outros (CARNEIRO, 2010). O autor ainda sugere que a medição ocorra através de equipes, dado que podem fornecer informações acerca da produtividade observada e da adequação dos métodos usados.

Karimi e Gidado (2012), afirmam que a melhoria e desenvolvimento de métodos e técnicas para aumentar a produção econômica da indústria da construção são significativas e importantes para qualquer nação. Portanto, os autores ainda ressaltam que a melhoria da produtividade do setor da construção é uma das principais áreas de foco de muitos países e governos em todo o mundo. Desta forma é imprescindível que os gestores entendam completamente a produtividade e os fatores de impacto que a produtividade causa na construção (FISCHER, 2009).

2.13 A relação entre conforto térmico, produtividade e edificações

Segundo Silva (2010), a queda de produtividade juntamente com as queixas relativas a problemas de saúde são os principais sinais de que o conforto térmico não está sendo alcançado por parte dos trabalhadores. É um fato bem conhecido que os fatores ambientais influenciam o desempenho do ser humano (ISMAIL et al, 2010) pois quando esse encontra-se em um ambiente que satisfaz, a produtividade física e mental são aumentadas (EKICI e ATILGAN, 2013). Portanto, os trabalhadores que se sintam confortáveis tendem a trabalhar melhor, aumentando o seu rendimento e majorando a eficácia da equipe de trabalho, o que proporciona um ganho de produtividade (NIEMALA et al, 2002; AKIMOTO et al, 2010).

Do exposto, sabe-se que em qualquer processo de produção, a preocupação com o conforto é essencial porque as condições ambientais podem afetar significativamente os aspectos sensoriais e psicológicos, diminuindo a capacidade de rendimento (SILVA et al, 2014). Sendo assim, no cenário laboral, o conforto térmico foi diretamente relacionado com a produtividade, tendo atraído a atenção de pesquisadores (LIU et al, 2011; DIAS, 2013). No entanto, essa relação não é simples, dado que diferentes tipos de tarefa podem exigir diferentes estados corporais térmicos para o desempenho ideal (HUMPHREYS e NICOL, 2007). Além de conforto, questões de produtividade e saúde são importantes para o controle térmico individual (KARJALAINEN e KOISTINEN, 2007) e suas melhorias tornaram-se uma das principais preocupações da indústria, especialmente nos países em desenvolvimento (ISMAIL et al, 2010).

A relação entre o ambiente térmico e produtividade, bem como a sua quantificação é uma questão cada vez mais pertinente (COSTA, BAPTISTA e DIOGO, 2012) na qual o setor da construção se faz presente. No tocante à construção de edificações, os trabalhadores estão expostos às variações diárias e sazonais do ambiente térmico na medida em que a maioria das tarefas desempenhadas ocorrem a céu aberto, sem haver a possibilidade de climatização do ambiente ou controle de temperatura e umidade. Em sintonia a este fato, o ambiente térmico emerge como poderoso fator que causa impacto no desenvolvimento da construção, fazendo com que a análise das suas variáveis seja da maior importância para o melhoramento das condições de trabalho em obra. Embora existam alguns estudos que relacionem a tríade do ambiente térmico, produtividade e construção, eles são poucos na literatura o que evidencia uma carência de pesquisas no setor.

Com o intuito de diagnosticar as condições de conforto térmico dos trabalhadores da construção civil, os estudos de Batiz et al (2009), relatam que diferentes tipos de índices foram adotados na sua avaliação. Os primeiros estudos buscaram prever a mudança na produtividade devido às variações do ambiente térmico na construção (ZHAO, ZHU e LU, 2009). O modelo proposto por Koehn e Brown (1985), buscou verificar a influência da variação da temperatura e umidade na produtividade dos trabalhadores por intermédio do desenvolvimento de duas equações não lineares. Os autores constataram maior eficiência quando as temperaturas oscilavam entre aproximadamente 10°C e 21°C. Por conseguinte, o modelo de Thomas e Yiakoumis (1987) baseou-se em três diferentes atividades, utilizando a temperatura e umidade como parâmetros ambientais. Os autores constataram que o modelo apresenta maior eficiência com o valor aproximado de 12,7°C e com a umidade abaixo de 80%. Os estudos de Mohamed e Srinavin (2002) relacionam a

produtividade dos trabalhadores de edificações com o ambiente térmico por meio de uma adaptação do índice PMV, considerando o conjunto das condições climáticas e a natureza da tarefa a ser desempenhada pelo trabalhador. Os resultados obtidos apontam para um bom ajuste entre as previsões do modelo e os dados reais, porém Liu et al (2011) alerta que o modelo poderia fornecer uma avaliação global sobre a produtividade.

No tocante aos estudos que não conceberam modelos matemáticos porém estudaram as aplicações dos modelos existentes com os dados coletados, destacam-se as pesquisas empíricas de Lopes (2007) e Teixeira (2013) nas quais buscaram estudar a relação entre o ambiente térmico e produtividade na construção, constatando que de fato o ambiente térmico influencia a produtividade. Ademais, os referidos autores verificaram limitações nos modelos desenvolvidos por Koehn e Brown (1985), Thomas e Yiakoumis (1987) e Mohamed e Srinavin (2002) tendo em vista que esses são adequados aos dados coletados.

Em relação aos demais estudos, tem-se que a pesquisa de Barbosa (2011) debruçou-se sobre três canteiros de obras de instalações escolares, avaliando o ambiente térmico por intermédio do índice WBGT. Diante dos resultados alcançados verificou-se que os trabalhadores estão expostos a sobrecarga térmica causada pela exposição ao Sol que influencia a produtividade, contudo não se conseguiu quantificar valores dessa relação. O estudo de Souza et al (2012) corrobora com essa premissa, dado a constatação que a produtividade é inversamente proporcional ao índice WBGT, a cada 1°C acrescido. Por outro lado, o estudo de Dias (2013) averiguou que o aumento da temperatura do globo acarreta em um aumento da produtividade na construção, porém não houve correlação de influência com as demais variáveis ambientais. Constata-se assim, que os estudos escassos existentes não direcionam um consenso da temática em suas conclusões.

No mais, os construtos de Kakon et al (2010) verificaram que em grandes edifícios a temperatura do ar e a umidade são reduzidas após uma determinada altura, o que pode vir a favorecer uma maior sensação de conforto térmico, acarretando uma maior produtividade. Em sintonia a isso, o estudo de Teixeira (2013) constatou que com o aumento da altura na qual se processam os trabalhos na construção, os trabalhadores estão expostos a maior velocidade do vento. Nesse sentido, há evidências de que a produtividade varia com ambiente térmico e este varia com altura. Nesse contexto considera-se que a hipótese do acréscimo da variável altura, acarreta benefícios mensuráveis na identificação da relevância do ambiente térmico e na produtividade dos trabalhadores, permitindo, em paralelo, a melhoria das condições de trabalho.

3 OBJETIVO DA TESE

Mediante a exposição do estado da arte que norteia a questão de investigação elucidada anteriormente no capítulo da introdução, a presente tese tem por objetivo principal estabelecer uma relação entre ambiente térmico e construção de edificações, tendo como parâmetros de controle a altura e a percepção térmica dos trabalhadores que atuam nesse âmbito laboral.

Em sintonia ao objetivo proposto, podem-se elencar etapas que auxiliam o desenvolvimento da tese, dentre as quais contribuem diretamente para o êxito do trabalho. Sendo assim, vislumbram-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar a variação dos parâmetros ambientais com a altura em que se desenvolvem os trabalhos;
- Investigar a sensação térmica dos trabalhadores e sua relação com os parâmetros ambientais.

Deve-se salientar que os objetivos específicos direcionam esforços sinérgicos para alcançar o objetivo indicado, tendo sido executados paralelamente no decorrer do estudo.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo retrata todos os aspectos metodológicos que nortearam o desenvolvimento da tese, descrevendo de forma coerente e minuciosa todas as etapas percorridas.

4.1 Critérios para seleção dos prédios

Com a finalidade de alcançar o objetivo proposto, definiram-se inicialmente quais prédios iriam constituir o estudo. Diante disso, podem-se elencar os critérios de elegibilidade desses, como sendo: 1) possuir 30 ou mais pavimentos, o que pode se quantificar em torno de 90 metros. Isso possibilita verificar a evolução do ambiente térmico com a variação de altura; 2) estar em fase de acabamento com alvenarias externas e internas já dispostas, de modo a permitir distintas condições térmicas em diferentes pavimentos; 3) estar localizados na zona metropolitana da cidade do Recife.

Em sintonia a tais critérios, elencaram-se três prédios para a composição da presente tese, nos quais o Prédio 1 e 2 estão localizados no mesmo ambiente, dado que são vizinhos; o Prédio 3 por sua vez localiza-se mais próximo a orla litorânea, conforme pode ser evidenciado pela área destacada em amarelo e vermelho na Figura 4.



Figura 4 – Regiões geográficas onde estão localizados os Prédios 1 e 2 (a) e Prédio 3 (b)

Por razões de confidencialidade, no decorrer deste estudo, as edificações foram nomeadas como Prédio 1, Prédio 2 e Prédio 3, não sendo divulgadas imagens das mesmas.

4.2 Mensurações físicas da variação do ambiente térmico conforme a mudança de altura

Para mensurar a variação do ambiente térmico conforme a mudança de altura definiu-se inicialmente o local das medições em cada prédio, levando em consideração o ambiente no qual o trabalhador desempenha sua atividade. Além disso, como os prédios possuem áreas e setores distintos utilizaram-se como padrão o setor no qual tenha uma área semelhante e seja vulnerável a temperatura, umidade e velocidade do ar. Contudo, as medições dos citados parâmetros devem ser realizadas com instrumentos que possuam uma precisão mínima requerida pela norma ISO 7726

(1998) para oferecer fidedignidade ao estudo. Assim, utilizaram-se equipamentos que se enquadram na referida norma ISO, conforme evidencia a Tabela 9, relatando os parâmetros e suas respectivas unidades, instrumentos e precisões requeridas e empregadas.

Tabela 9 – Parâmetros ambientais e seus respectivos equipamentos utilizados na mensuração do ambiente térmico.

Parâmetros	Unidades	Equipamentos a serem utilizados na mensuração	Precisão requerida	Precisão do equipamento
Temperatura do ar	°C	Medidor de estresse térmico QUESTemp 44/46	±0,5°C	±0,25°C
Umidade absoluta do ar (expressa em pressão parcial de vapor de água)	kPa	Medidor de estresse térmico QUESTemp 44/46	±0,15kPa	±2%
Velocidade do ar	m.s ⁻¹	Anemômetro PCE-WL 1	±(0,05+0,05Va)m/s	±0,05m/s
Temperatura radiante média	Trm	Medidor de estresse térmico QUESTemp 44/46	±2°C	±1°C

Adaptado da ISO 7726 (1998)

Sabendo que as medições de todas as variáveis de tempo real requerem grande quantidade de instrumentos (KARJALAINEN, 2013) a calibração ganha relevância, pois minimiza um possível viés oriundo da variação da acuracidade dos equipamentos. Diante disso, esses foram calibrados e aferidos por um laboratório de certificação devidamente acreditado seguindo a norma ISO/IEC 17025 (2005) que estabelece requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

No que diz respeito à área de alocação dos equipamentos nos prédios, inicialmente verificou-se em qual nível de acabamento encontra-se cada edifício, com o intuito de verificar um local que possuísse área construída semelhante, e que entrada para circulação de ar. Além disso, essa área não deveria estar completamente finalizada dado que a prioridade é coletar dados justamente na mesma área na qual o trabalhador desempenha sua função. Posteriormente, observou-se a área externa, investigando se há outros edifícios, árvores ou quaisquer obstáculos que possam atenuar ou agravar os parâmetros ambientais. Por fim, apurou-se a posição geográfica do edifício em relação aos pontos cardeais com a finalidade de coletar dados em uma área que possua a mesma orientação geográfica. Diante de todas essas premissas definiu-se o local onde os instrumentos foram dispostos, conforme pode ser mostrado pelas imagens da planta baixa de cada prédio, sabendo que a planta baixa do Prédio 1 encontra-se no ANEXO A, a planta baixa do Prédio 2 situa-se no ANEXO B e a planta baixa do Prédio 3 localiza-se no ANEXO C. Deve-se ressaltar que todas essas plantas foram concebidas por intermédio do software Microsoft VISIO.

No tocante à caracterização da montagem e colocação dos equipamentos, comenta-se que esses estiveram dispostos a uma altura de 1,10 metros do solo, já que essa altura corresponde à altura média do centro de gravidade para adultos em medições que envolvem parâmetros meteorológicos (MAYER e HOPPE, 1987) além de ser o padrão da norma ASHRAE 55 (2010) estando próximos aos trabalhadores e compartilhando as mesmas intempéries climáticas. Ressalta-se que esses foram dispostos 30 minutos antes do início das medições para a estabilização dos sensores perante os ambientes no qual estavam expostos. Além disso, esse é o tempo mínimo necessário para que o globo negro com dimensão de 15 cm de diâmetro estabilize e fique em equilíbrio para efetuar

medições que retratem com fidedignidade o ambiente em questão (HAVENITH, 2005). Como no local existiam variações de velocidade do ar, utilizou-se o anemômetro de concha, tendo em vista que esse permite captar com precisão uma gama de velocidades. Ademais, ressalta-se que se utilizaram dois critérios de coleta de dados para velocidade do ar homogênea, a partir dos construtos teóricos de Simiu (2011): (1) todos os dados em um conjunto devem corresponder à mesma altura em relação à superfície com a mesma exposição e; (2) o mesmo intervalo de medição temporal para cada coleta. Assim, a altura em relação ao piso do pavimento foi sempre a mesma, conforme se especificou anteriormente e todos os instrumentos utilizados registravam os dados a cada minuto com a finalidade de serem fidedignas as possíveis oscilações dos fatores ambientais.

Em relação ao método de coleta de dados que permite comparar as variáveis ambientais, essas tiveram técnicas diferentes para cada prédio. O Prédio 1 foi considerado o “prédio piloto” dado que foi o primeiro prédio a ser investigado. Diante disso, coletaram-se dados da variação da altura a cada dois pavimentos, ou seja, os dados foram coletados observando sempre uma diferença crescente de dois pavimentos. Pode-se exemplificar que a coleta iniciou-se coletando dados do rés de chão em comparação com o segundo pavimento; em seguida, comparou-se o rés de chão com o quarto pavimento; posteriormente, a comparação ocorreu entre o rés de chão e sexto pavimento, e assim sucessivamente até o trigésimo pavimento. Isso resultou em um total de 15 coletas de dados. Contudo, com a finalidade de evitar um viés no estudo, cada dado coletado era replicado em duas novas coletas, ou seja, fez-se um total de três coletas para a variação de cada pavimento com a altura. Assim, o Prédio 1 possuiu um total de 45 conjuntos de dados coletados.

O Prédio 2 encontrava-se em uma avançada fase de acabamento quando comparada ao Prédio 1, o que impossibilitou o mesmo número de coleta de dados. Além disso, os dois prédios são vizinhos, permitindo elaborar a hipótese de que a variação do ambiente térmico com a altura do Prédio 2 seria semelhante ao constatado no Prédio 1. Diante desses fatores, foram coletados dados a partir de uma diferença crescente de dez pavimentos. Com o intuito de elucidar tal técnica, tem-se no início a coleta de dados do rés de chão em comparação com o décimo pavimento; em seguida, comparou-se o rés de chão com o vigésimo pavimento; por último, a comparação ocorreu entre o rés de chão e trigésimo pavimento. Portanto, resultaram-se em 3 coletas de dados, porém como foi comentado no Prédio 1, fizeram-se replicações para duas novas coletas. Por fim, o Prédio 2 possuiu um total de 9 conjuntos de dados coletados.

O Prédio 3 encontrava-se em uma fase de acabamento mais avançada que o Prédio 1 e menos avançada quando comparada com o Prédio 2. Em sintonia a isso, foram coletados dados a partir de uma diferença crescente de cinco pavimentos. Com a finalidade de exemplificar o método, tem-se no início a coleta de dados do rés de chão em comparação com o quinto pavimento; em seguida, comparou-se o rés de chão com o décimo pavimento; por último, a comparação ocorreu entre o rés de chão e trigésimo pavimento.

Devido ao grande volume de dados, tratou-se de forma minuciosa apenas os pavimentos que foram comuns aos três prédios, ou seja, o rés de chão, décimo, vigésimo e trigésimo pavimento. Em suma, ressalta-se que a coleta de dados físicos ocorreu de acordo com a disponibilidade do trabalhador estar presente durante a coleta para demonstrar o efeito que a variação do ambiente térmico devido a altura causa no mesmo. Ademais, buscando realizar um padrão metodológico

que evite viés oriundo das variações meteorológicas, não houve coleta de dados nos dias de ocorrência de chuva, dado que isso influencia a variação do ambiente térmico.

4.3 Percepção do conforto térmico

Juntamente com o objetivo de verificar a variação do ambiente térmico de acordo com diferenças de altura na construção, realizou-se o estudo da percepção do conforto térmico por parte dos trabalhadores da construção, no qual permite estruturar um questionário para o setor. Sendo assim, os procedimentos para alcançar tal finalidade são descritos nos subtópicos posteriores.

4.3.1 Análise das publicações

A análise dos artigos elegíveis para o estudo foi dividida em duas fases distintas, onde a primeira tinha o objetivo de retratar de forma holística os artigos, evidenciando suas características globais (país onde ocorreu o estudo, local em que ocorreram as pesquisas, períodos de coleta de dados, número de questionários aplicados e validados, além do índice de conforto utilizado) e as questões demográficas de cada entrevistado. A segunda etapa consistia na análise minuciosa das perguntas existentes nos questionários traçando um paralelo das variáveis abordadas e suas respectivas respostas nas diferentes publicações, além de correlacionar tais perguntas e respostas com o modelo apresentado pelas normas ISO 10551 (1995) e ASHRAE 55 (2010) para ambiente interno (Tabela 10).

Tabela 10 – Protocolos para avaliação subjetiva do ambiente térmico

Parâmetros do estado térmico	Norma	Questionamento	Escala de mensuração
Percepção térmica	ISO 10551 (1995)	Como você está se sentindo no presente momento?	Escala de 7 pontos: (-3) Muito frio; (-2) Frio; (-1) Um pouco de frio; (0) Nem frio e nem calor; (1) Um pouco de calor; (2) Calor; (3) Muito calor
	ASHRAE 55 (2010)	Em geral, qual é a sua sensação térmica?	Escala de 7 pontos simétrica a ISO 10551 (1995)
Conforto térmico (avaliação efetiva)	ISO 10551 (1995)	Como você se sente?	Escala de 4 pontos: (0) confortável; (1) um pouco desconfortável; (2) desconfortável; (3) muito desconfortável
Preferência térmica	ISO 10551 (1995)	Como você preferiria estar se sentindo nesse momento?	Escala de 7 pontos: (-3) Muito frio; (-2) Frio; (-1) Um pouco de frio; (0) Nem frio e nem calor; (1) Um pouco de calor; (2) Calor; (3) Muito calor
	McIntyre (1980)	Como você gostaria que fosse?	Escala de 3 pontos: (-1) Frio; (0) Não alteraria; (1) Calor
Aceitabilidade pessoal	ISO 10551 (1995)	Levando em consideração apenas sua preferência pessoal, você aceitaria esse ambiente?	Duas alternativas: (0) aceitável; (1) inaceitável
	ASHRAE 55 (2010)	Quão satisfeito você está com a temperatura em seu ambiente?	Escala de 7 pontos: (-3) Muito satisfeito; (-2) Frio; (-1) Um pouco de frio; (0) Nem frio e nem calor; (1) Um pouco de calor; (2) Calor; (3) Muito calor Escala de 7 pontos: (3) Muito satisfeito e (-3) Muito insatisfeito com o (0) sendo neutro (escolhas entre 0 a 3 são considerados aceitáveis)
Tolerância pessoal	ISO 10551 (1995)	Esse ambiente na sua opinião é?	(0) Perfeitamente tolerável; (1) Um pouco difícil de se tolerar; (2) Razoavelmente difícil de se tolerar; (3) Bastante difícil de se tolerar; (4) Intolerável

Caso alguns questionamentos não estejam exatamente iguais em diferentes publicações, verificou-se se o intuito das perguntas é o mesmo, fazendo com que estes sejam agrupados em dimensões que refletissem o propósito indagado, seguindo uma adaptação dos protocolos desenvolvidos por Johansson et al (2014), conforme evidencia a Tabela 10. Assim, os questionamentos que se repetiram ao menos quatro vezes eram selecionados para a composição do questionário a ser proposto.

4.3.2 Elaboração do questionário

Com a finalidade de oferecer praticidade na aplicação do questionário, a maioria das questões seguiu os modelos das normas em relação às respostas ordenadas em escalas Likert. Caso alguma publicação possua questionamentos semelhantes, mas com número de categorias diferentes, deu-se preferência a publicação de maior número de categorias, dado que isso esmiúça a caracterização da sensação térmica. Contudo, fizeram-se exceções para as questões demográficas visto que essas solicitam dados particulares do entrevistado, onde apenas uma resposta pode ser emitida sem haver quaisquer tipos de ordenação entre as opções. Com o questionário já estruturado em mãos, foi realizado um pré-teste de aplicação, com o intuito de verificar incongruências ou outros problemas no escopo do questionário (ZIKMUND; BABIN, 2010) a partir do julgamento de uma pequena amostra de trabalhadores das edificações dado que os entrevistados do pré-teste e da pesquisa real têm de ser extraídos da mesma população (MALHOTRA, 2012). Constatou-se que não havia qualquer incoerência no escopo do questionário, estando esse voltado ao seu público-alvo em questão e apto para ser aplicado para os demais trabalhadores, constatando ainda o tempo médio de aplicação. Por fim, ressalta-se que o questionário aplicado encontra-se no APÊNDICE A.

4.3.3 Aplicação do questionário e mensuração dos parâmetros ambientais

Os questionários foram aplicados no Prédio 1 durante os dias 3 a 6 de Março de 2014; no Prédio 2 durante os dias 10 a 14 de Março de 2014; e no Prédio 3 durante os dias 16 a 19 de Março de 2015. Os horários de coleta escolhidos foram no período matutino de 10:00h às 11:00h e vespertino de 16:00h às 17:00h, dado que as radiações mais lesivas ocorrem neste horário (PETRI, 2005; TOFETTI e OLIVEIRA, 2006). Tendo em vista que os canteiros de obras possuem distintas áreas nas quais algumas possam vir a ser sombreadas, ressalta-se a importância da localização específica do local onde o trabalho é desempenhado (ROWLINSON, YUNYANJIA e CHUANJINGJU, 2014). Diante disso, escolheu-se o térreo da construção para coletar os dados o que representa o ambiente exterior, levando em consideração que os trabalhadores devem estar ao menos 20 minutos no local, para garantir que eles estejam aclimatizados com o ambiente. Deve-se ressaltar que o questionário foi apresentado e explicado inicialmente à gerência da construtora que aprovou sua aplicação durante qualquer horário da jornada laboral dos trabalhadores. Por fim, apenas os trabalhadores voluntários responderam o questionário, assegurando o seu livre-arbítrio além do anonimato em suas respostas.

Paralelamente a coleta dos dados de sensação térmica dos trabalhadores fez-se a caracterização quantitativa do ambiente térmico mediante a uma série de parâmetros ambientais, dado que esses afetam a condição de conforto térmico das pessoas (MAKAREMI et al, 2012). Tratando-se de um cenário urbano, pode-se elencar inicialmente a velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e tipo de vestuário como fatores influenciam a percepção térmica (STATHOPOULOS et al, 2004; LIN, MATZARAKIS e HWANG, 2010), dentre os quais possuem critérios de mensuração definidos pelas normas ISO 7726 (1998) e ISO 7730 (2005). Além disso, merece atenção que a ISO 7726 (1998) se aplica a dois tipos de ambientes, todavia nenhum deles refere-se ao ambiente exterior (KRUGER e ROSSI, 2011), o mesmo ocorrendo para a ISO 7730 (2005) que é direcionada a ambientes internos. Esse fato ratifica a carência de normas que estejam voltadas para ambiente exterior.

Os equipamentos foram os mesmos citados na Tabela 9, utilizados na mensuração dos parâmetros ambientais que tiveram por objetivo averiguar a variação do ambiente térmico conforme a mudança de altura na construção. Da mesma forma adotaram-se os mesmos procedimentos em relação à caracterização da montagem e alocação desses equipamentos.

4.4 Procedimentos para análise geral dos dados mensurados

Para averiguar o comportamento dos dados coletados, utilizaram-se técnicas de Análise Exploratória dos Dados (AED) na qual se define como um conjunto de procedimentos que permite efetuar o estudo das características da distribuição das variáveis intervalares na amostra (MARTINS, 2011) consistindo geralmente na análise a partir de ferramentas gráficas (DANCEY e REIDY, 2013) que podem ser utilizados para sintetizar dados rapidamente (SWEENEY, WILLIAMS e ANDERSON, 2014). Em uma visão holística, existem dois métodos utilizados na abordagem da AED: (1) geração de grandes lotes de dados e (2) geração de números a partir dos dados computados (MORGAN et al, 2011). Para o presente estudo, utilizou-se a segunda abordagem dado que oferece informações mais relevantes em sintonia ao objetivo proposto. As ferramentas gráficas utilizadas basearam-se nos tipos de variáveis existentes, ou seja, cada gráfico desenvolvido estava de acordo com a característica da variável, seja ela contínua, nominal ou ordinal, conforme é explicitado na Tabela 11.

Tabela 11 – Parâmetros ambientais e seus respectivos equipamentos utilizados na mensuração do ambiente térmico.

Parâmetros	Representações gráficas
Contínuas	Histogramas, diagrama de caule e folhas, <i>boxplot</i> , diagrama de dispersão
Ordinais	Gráficos de barras e circulares, <i>boxplot</i>
Nominais	Gráficos de barras e circulares

Baseado em Marôco (2014); Pestana e Gageiro (2014); Norman e Streiner (2014)

Sequencialmente adotaram-se técnicas de estatística inferencial para realizar testes estatísticos que permitam conclusões mais vastas sobre os dados coletados. Em primeiro momento, fez-se o estudo da normalidade da distribuição de cada variável contínua, no qual permite delinear quais os métodos estatísticos propícios para analisar os dados (testes paramétricos ou não-paramétricos).

Diante disso, aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov com fator de correção de Lilliefors, dado que ele é o teste mais utilizado para verificar a normalidade dos dados (MARÔCO, 2014). Ressalta-se que as variáveis ordinais empregadas na aplicação do questionário não foram analisadas na perspectiva da normalidade tendo em vista que como são ordinais, assim um teste não-paramétrico é o que melhor se insere nesse contexto (RAMACHANDRAN e TSOKOS, 2009; MAYERS, 2013; COOLICAN, 2014).

Em seguida, com o intuito de investigar a influência que as variáveis desempenham umas com as outras, verificou-se a correlação entre a associação de cada uma delas. A correlação é uma medida do grau de relacionamento entre as duas variáveis X e Y (NEUHÄUSER, 2012), ou seja, quando duas variáveis estão ligadas por uma relação estatística diz-se que existe correlação (MELLO e GUIMARÃES, 2015). Nesse momento deve-se fazer uma ressalva aos dados de conforto térmico oriundos da aplicação do questionário, tendo em vista que são dados de origem contínua (valores dos parâmetros ambientais) e ordinal (valores referentes à escolha dos trabalhadores perante os aspectos ambientais). A literatura não indica a realização de uma correlação entre variáveis ordinais e contínuas, devido às diferenças de suas características o que ocasiona um viés no estudo. Com a finalidade de contornar esse problema, adotou-se o procedimento de Cleff (2014), no qual sugere classificar as variáveis contínuas e convertê-las em uma escala ordinal para viabilizar o estudo da correlação. Para efetuar essa classificação, utilizou o critério de Sturges (1926) para definir o número de classes dado que é o critério mais difundido na literatura. Contudo, esse critério é direcionado para dados que seguem uma distribuição normal, já nos casos de ocorrer uma distribuição não normal, mais classes são necessárias (BONATE, 2011). Assim, adicionou-se o fator de adaptação de Doane (1976) para o critério de Sturges, tendo em vista que esse fator engloba a questão da não normalidade, o que garante robustez na análise. Isso resultou em uma divisão em nove classes para cada variável, o que permite realizar a correlação entre elas.

Para isso, utilizam-se os coeficientes de correlação estatística, dentre os quais dois se destacam na literatura: coeficiente de Pearson e de Spearman. Eles produzem uma estatística que varia de -1, indicando uma correlação negativa perfeita, para 1 indica uma correlação positiva perfeita, além do valor do 0 indicar ausência de correlação (HINTON et al, 2004). O coeficiente de correlação de Spearman é um teste não paramétrico que mede a força da associação (DOANE e SEWARD, 2011) sendo utilizado quando o conjunto de dados contém ao menos uma variável ordinal (RASCH, KUBINGER e YANAGIDA, 2011; CLEFF, 2014), já o coeficiente de correlação de Pearson é o mais difundido na literatura, sendo utilizado em variáveis contínuas. Por outro lado, a interpretação do valor do coeficiente possui um caráter subjetivo e deve-se ter cautela na interpretação da sua significância estatística (KRASKA-MILLER, 2014) dado que pode variar de acordo com o objetivo e as características do estudo em questão. Cohen (1988) fornece uma descrição detalhada com subcritérios de correlação para a área de ciência comportamental, contudo o autor encoraja que para outras áreas devem-se utilizar distintos critérios. No tocante à área de ciências exatas, os estudos de Pestana e Gageiro (2014) sugerem o critério exibido na Tabela 12, o qual foi adotado para o desenvolvimento do estudo.

Tabela 12 – Associação do coeficiente de correlação e classificação de sua relação

Coeficiente de correlação para associação positiva	Coeficiente de correlação para associação negativa	Classificação da relação entre a associação das variáveis
0 a 0,2	0 a -0,2	Muito fraca
0,2 a 0,4	-0,2 a -0,4	Fraca
0,4 a 0,7	-0,4 a -0,7	Moderada
0,7 a 0,9	-0,7 a -0,9	Elevada
0,9 a 1	-0,9 a -1	Muito elevada

Adaptado de Pestana e Gageiro (2014)

Deve-se ressaltar que os valores do coeficiente de correlação não são baseados em uma escala linear, isto é, o dobro de um valor de coeficiente não implica que ele terá o dobro de associação (CORDER e FOREMAN, 2014). Sendo assim, calculou-se o coeficiente de determinação que possui a finalidade de medir a proporção da variabilidade de uma variável que pode ser determinada a partir da relação com a outra variável (GRAVETTER e WALLNAU, 2011). Normalmente os dados experimentais científicos têm o coeficiente de determinação entre intervalo de 80 a 90%, porém dados de estudos observacionais e pesquisas, geralmente mostram associações relativamente fracas, pois é muito difícil mensurar respostas confiáveis (SHARPE, De VEAUX e VELLEMAN, 2011). Diante disso, não se estipulou um parâmetro para classificação do coeficiente de determinação. Por fim, para análise dos dados utilizou-se o software SPSS da IBM Corporation, devido à potencialidade de realização de várias análises quantitativas de confiabilidade, além de possuir uma interface amigável ao pesquisador. Ainda pode-se ressaltar que o SPSS é líder em relação à tecnologia de mineração de dados global (FEINBERG e SIEKPE, 2003).

PARTE 2

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros ambientais que variam com a altura da construção

Diante das mensurações dos parâmetros ambientais realizados nos três Prédios, pode-se verificar graficamente a variação de tais parâmetros. Ressaltam-se duas importantes observações:

- A Temperatura do ar foi segmentada em três tipos: temperatura do globo, temperatura do bulbo úmido e temperatura do bulbo seco;
- Com a finalidade de verificar a variação dos parâmetros ambientais conforme a mudança de altura na construção, fez-se três medições diárias nos pavimentos por intermédio de dois equipamentos idênticos, conforme foi comentado nos procedimentos metodológicos. Assim, conseguiu-se verificar a variação dos parâmetros, a partir da diferença entre as variáveis mensuradas em paralelo, sendo subdividida em três casos: (1) rés do chão e décimo andar; (2) rés do chão e vigésimo andar; (3) rés do chão e trigésimo andar.

Sendo assim, as subseções a seguir mostram esses resultados nos quais são organizados por cada Prédio em estudo.

5.1.1 Resultados para o Prédio 1

Com relação as diferenças dos dados mensurados entre o rés do chão e os pavimentos superiores, a Figura 5 exibe os resultados encontrados para o Prédio 1, para as variáveis temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido e temperatura do globo. Ressalta-se que estas foram registradas em graus celsius para cada momento da coleta de dados.

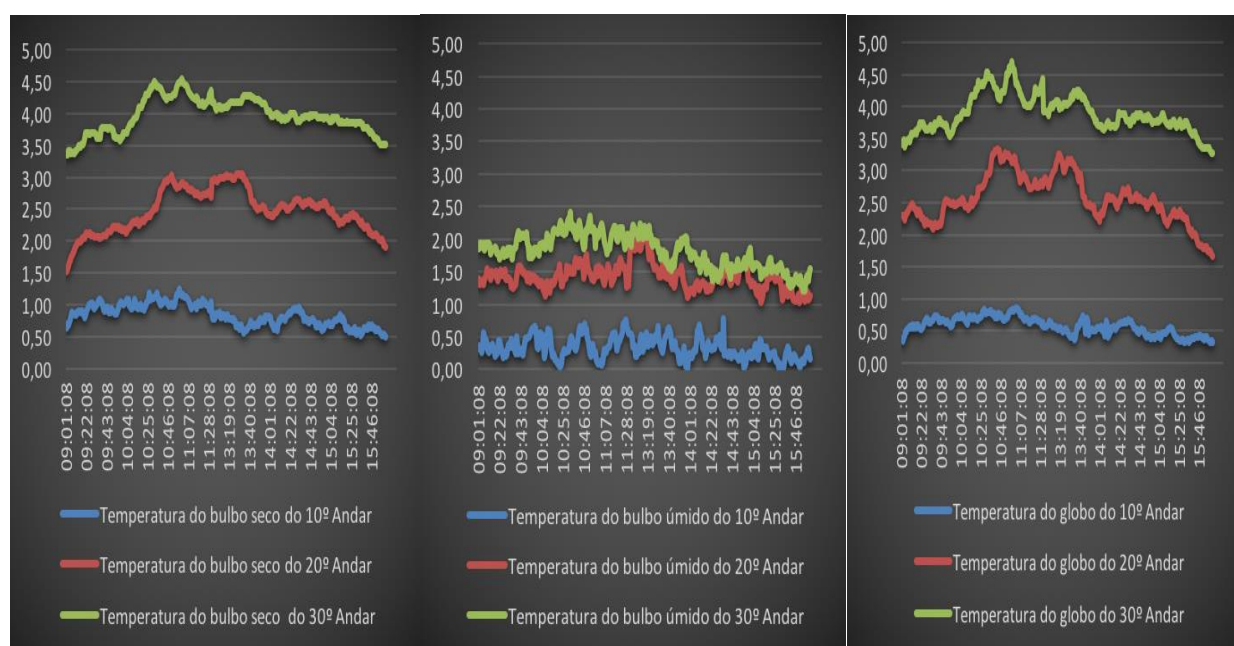


Figura 5 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, bulbo úmido e do globo do Prédio 1, conforme a variação em altura

A respeito da Figura 5, constata-se que todas as temperaturas sofrem variação com altura, porém essa não é linear e nem há um padrão absoluto. As temperaturas do bulbo seco e do globo foram as mais afetadas com a mudança de altura, principalmente quando se compara a variação dos pisos, ou seja, quanto mais alto for o pavimento, maior é a diferença obtida entre as temperaturas. Tal fato está em sintonia com a premissa de que quanto maior for a mudança de altura, maior será a variação dos parâmetros ambientais. Porém, constata-se que a temperatura do bulbo úmido não possui uma variação da mesma intensidade da encontrada nas outras temperaturas, contudo quanto maior o pavimento maior a diferença. Em sintonia a isso, deve-se elucidar que os valores entre as diferenças do rés-do-chão e do vigésimo andar são bem próximos dos valores das diferenças do rés-do-chão e do trigésimo andar. Isso mostra que a partir do vigésimo andar a variação da temperatura do bulbo úmido sobe com menor intensidade. Estes resultados vão ao encontro das diferenças verificadas entre as as umidades, que podem ser observadas a na Figura 6.

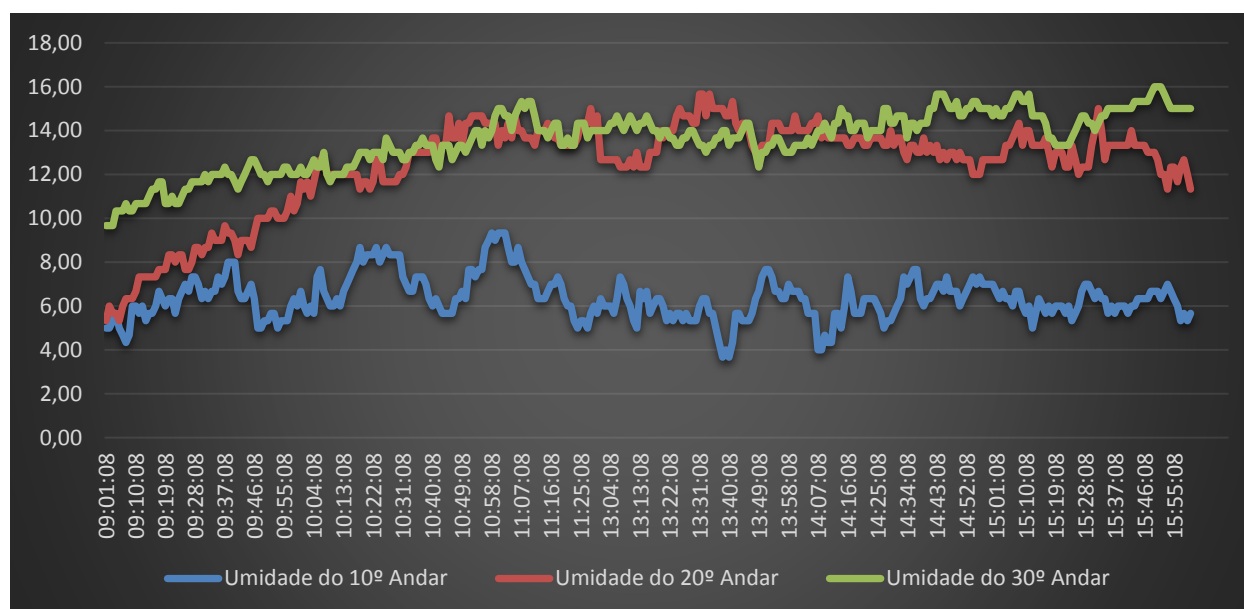


Figura 6 – Diferenças entre as umidades no Prédio 1 do rés-do-chão para os diferentes andares

Mediante a Figura 6 constata-se que a umidade cresce até ao vigésimo andar, contudo, a umidade deste último está na mesma ordem de grandeza da do trigésimo andar, as quais se entrelaçam em alguns momentos no decorrer do tempo de recolha. Contudo, na maioria dos casos, a umidade do trigésimo andar possui uma maior diferença que a umidade do vigésimo andar. Sob uma ótica generalista, constata-se que a diferença da umidade entre o décimo andar e o rés do chão é menor que a diferença entre o vigésimo andar e o rés do chão, além do trigésimo andar e rés do chão. Porém, não se pode denotar com precisão a que nível irá variar a umidade entre o vigésimo andar e o trigésimo andar. Sendo assim, pode-se constatar que a partir do vigésimo andar, a diferença entre as umidades tende a diminuir quando comparado com as diferenças oriundas do trigésimo andar.

Ademais, pode-se realizar os estudos estatísticos mais elaborados com o intuito de obter mais informações sobre os dados. Inicialmente, fez-se o gráfico comparativo das diferenças de

temperatura do bulbo seco mediante as diferenças encontradas entre os pavimentos, cujos resultados são apresentados na Figura 7.

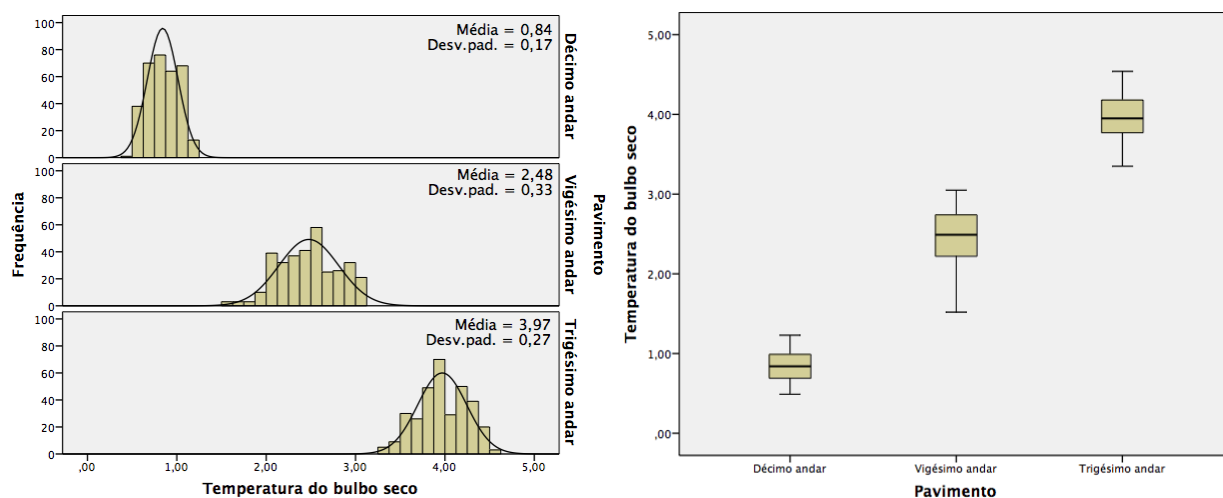


Figura 7 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 1

Os histogramas mostrados na Figura 7, ratificam a ideia de que a diferença da temperatura do bulbo seco entre os pavimentos tende a aumentar conforme aumenta-se o pavimento, ou seja, conforme aumenta-se a altura. Isso pode ser constatado por intermédio do crescimento das médias de cada histograma, conforme tem-se um pavimento crescente, isto é, um pavimento superior. Paralelamente a isso, os *boxplot* confirmam esse fato, ao mostrarem um crescimento de acordo com a elevação de um pavimento para outro. Dando continuidade ao estudo, a Figura 8 exibe os resultados para a temperatura do globo.

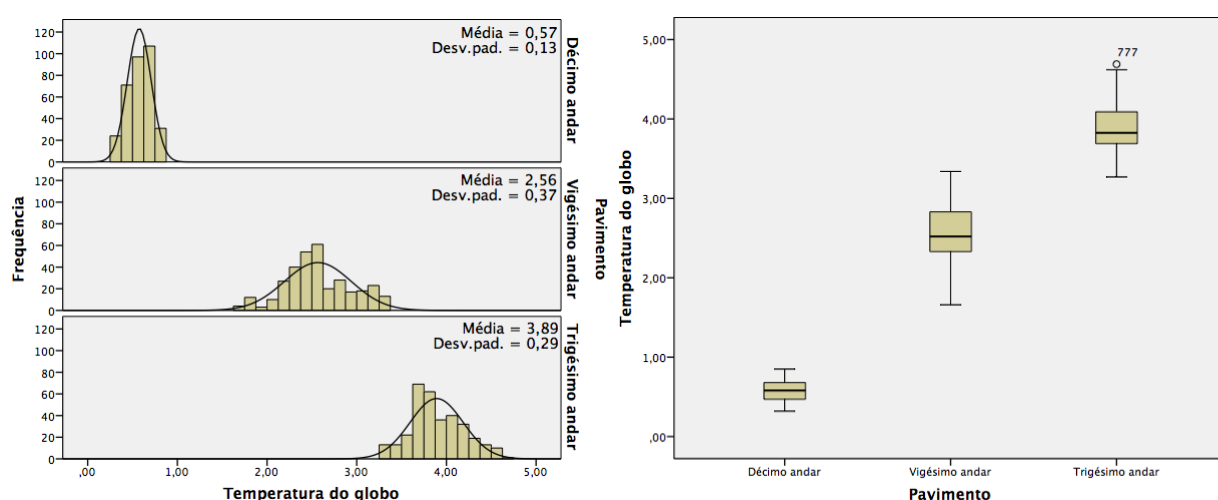


Figura 8 – Diferenças entre as temperaturas do globo, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 1

De acordo com as informações obtidas na Figura 8, pode-se constatar que as diferenças entre a temperatura do globo possuem características semelhantes às encontradas na temperatura do bulbo seco. Sendo assim, apura-se que há um acréscimo na diferença da temperatura do globo conforme direciona-se para os pavimentos que possuem maior altura. Deve-se ressaltar que as médias encontradas confirmam essa premissa, embora o décimo pavimento (0,33) possua um desvio-padrão bem inferior que o vigésimo (0,37) e trigésimo (0,29) pavimento, o que pode ser explicado pelas poucas amplitudes dos dados coletados no décimo pavimento. Os *boxplots*, por sua vez, creditam tais ocorrências tendo em vista que estão em crescimento conforme aumenta-se a altura, isto é, aumenta-se o pavimento. Em seguida, a Figura 9 exibe os resultados para a temperatura do bulbo úmido.

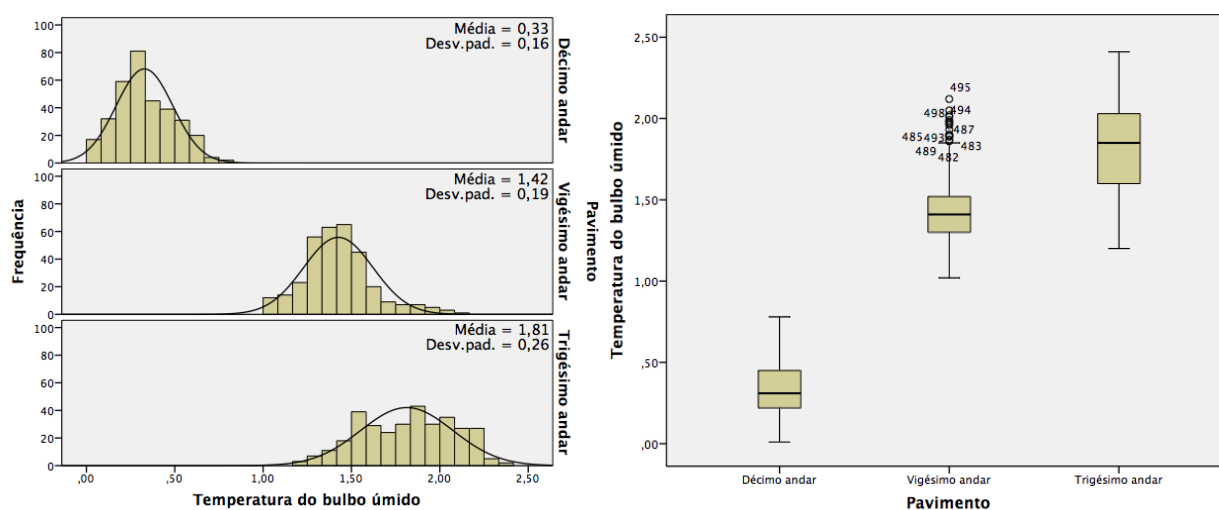


Figura 9 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo úmido, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 1

Os histogramas evidenciados na Figura 9 apresentam o crescimento das diferenças das temperaturas do bulbo úmido de acordo com o aumento dos pavimentos no Prédio 1. Por outro lado, observa-se que as diferenças entre o vigésimo e trigésimo pavimentos são pequenas, quando comparadas ao décimo e vigésimo pavimentos. Atenta-se a isso quando se compara a média do décimo pavimento (0,33) com as do vigésimo (1,42) e trigésimo (1,81) pavimento. Ademais, o mesmo ocorre com o *boxplot* do décimo andar que se encontra em um nível inferior em relação aos outros dois *boxplots*. Por fim, destaca-se que no *boxplot* do vigésimo andar existem alguns *outliers* mediante a alguns dados que representaram uma diferença maior que a comum para esse pavimento. Seguidamente, tem-se a Figura 10 que esboça os dados obtidos pela diferença das umidades entre os pavimentos.

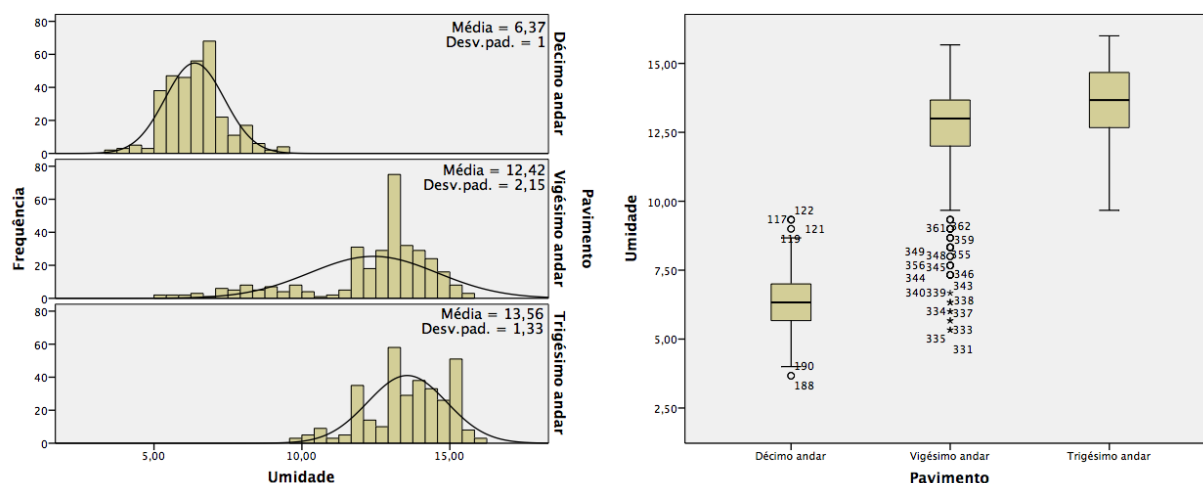


Figura 10 – Diferenças entre as umidades, de acordo com a variação dos pavimentos no Prédio 1

A Figura 10 representa o comportamento das diferenças das umidades a partir da variação positiva dos pavimentos, na quais destaca-se uma grande proximidade das médias dos dados do vigésimo (12,42) e trigésimo (13,56) pavimento, em contraste com o décimo (6,37) pavimento. Diante disso, constata-se que a diferença não é tão crescente quando comparada com as outras variáveis de temperaturas abordadas. Isso mostra que no tocante a umidade no Prédio 1, não se pode inferir que há um crescimento em potencial nas diferenças da umidade com a variação da altura, embora verifica-se um crescimento constante. Os *boxplot* retratam isso pois de imediato verifica-se o *boxplot* do vigésimo e trigésimo pavimentos estão em um nível semelhante, enquanto do décimo pavimento está em um nível distinto. Além disso, o *boxplot* do vigésimo pavimento apresenta uma série de *outliers* devido a alguns dados que não se apresentavam em grande frequência, assim como ocorreu com o *boxplot* da diferença das temperaturas do bulbo úmido do mesmo pavimento. Finalizado os resultados para o Prédio 1, pode-se dar início a narrativa que ilustra os resultados obtidos no Prédio 2.

5.1.2 Resultados para o Prédio 2

Em relação ao Prédio 2, a Figura 11 exibe as diferenças entre temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, temperatura do globo.

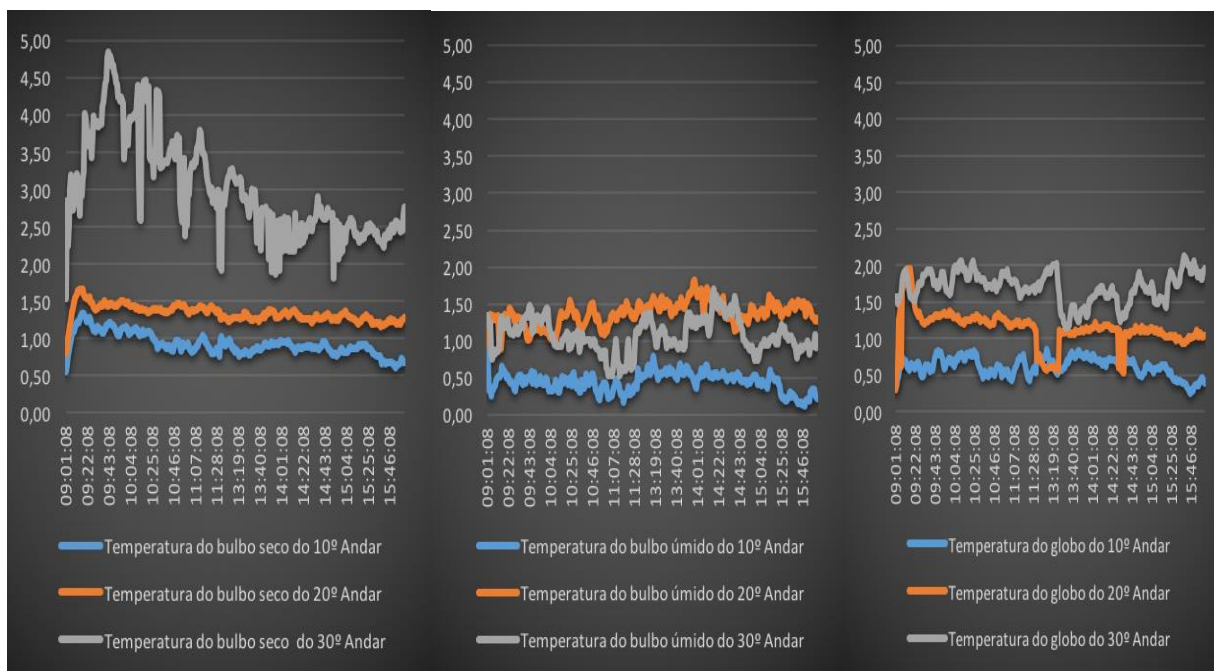


Figura 11 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, bulbo úmido e do globo do Prédio 2, conforme a variação em altura

De acordo com a Figura 11, constata-se que, de forma generalizada, as mesmas informações obtidas no Prédio 1: as temperaturas modificam-se conforme a altura varia, mas não se pode afirmar a existência de um padrão na variação. A temperatura do bulbo seco foi a mais afetada com a mudança de altura, principalmente quando se trata do trigésimo piso, porém nota-se uma forte oscilação quando comparada com as temperaturas do bulbo seco do décimo e vigésimo andar. Posteriormente a temperatura do globo também foi afetada embora exista alguns pontos no gráfico que poderiam ser anômalos à pesquisa, embora esses já tenham sido retirados antes de analisar os dados. Por outro lado, deve-se observar que a temperatura do bulbo úmido também sofre variação, porém é no sentido inverso: quanto maior for a altura em construção, maior será a umidade, isto é, enquanto as temperaturas de bulbo seco e de globo tendem a cair, as temperaturas de bulbo úmido tendem a aumentar. Ainda sobre o parâmetro de temperatura do bulbo úmido, verifica-se que os dados não permitem afirmar que a variação do trigésimo andar seria mais intensa do que o vigésimo, tendo em vista que o vigésimo andar foi o que mais se destacou. Posteriormente, foi possível ver a diferença entre as umidades, conforme ilustra a Figura 12.

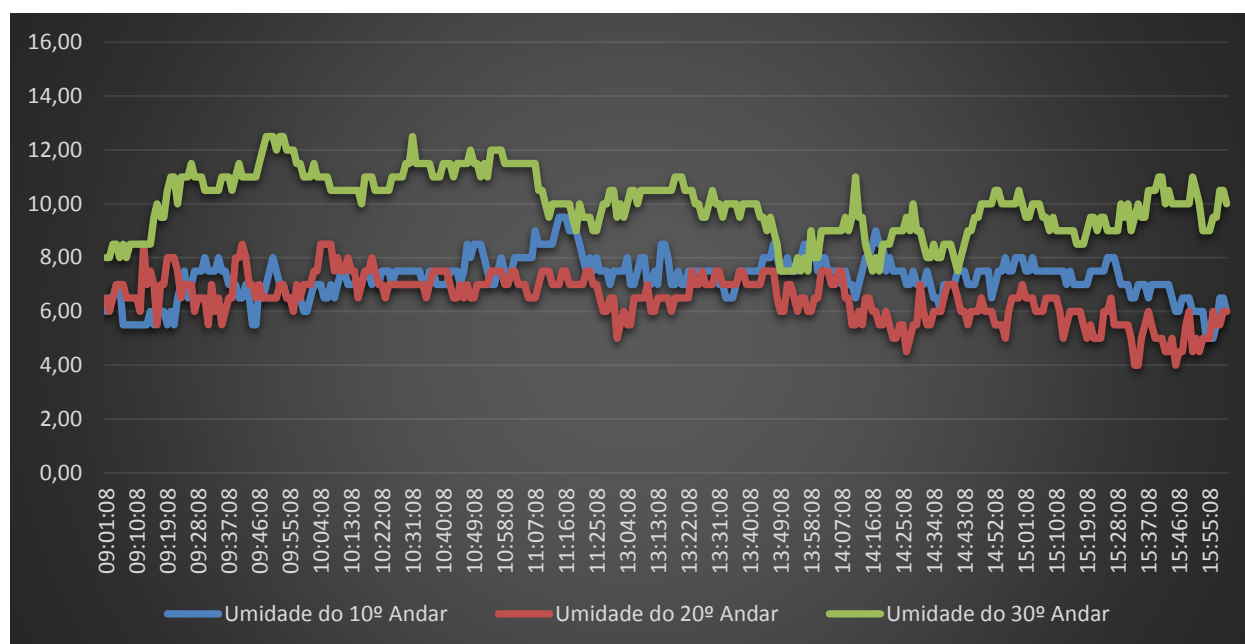


Figura 12 – Diferenças entre as umidades do Prédio 2, conforme a variação em altura

De acordo com a Figura 12 apura-se que a umidade do trigésimo andar é a que possui maior diferença relativamente ao rés-do-chão e que a umidade do décimo andar e vigésimo andar estão bastante próximas, ou seja, não há grande diferença de umidade entre estes dois patamares. Isso possibilita o vislumbamento que a umidade não possui um padrão de variação tão nítido quando comparado com as temperaturas. Por conseguinte, elaborou-se os histogramas e *boxplots* para o Prédio 2, como pode ser observado na Figura 13.

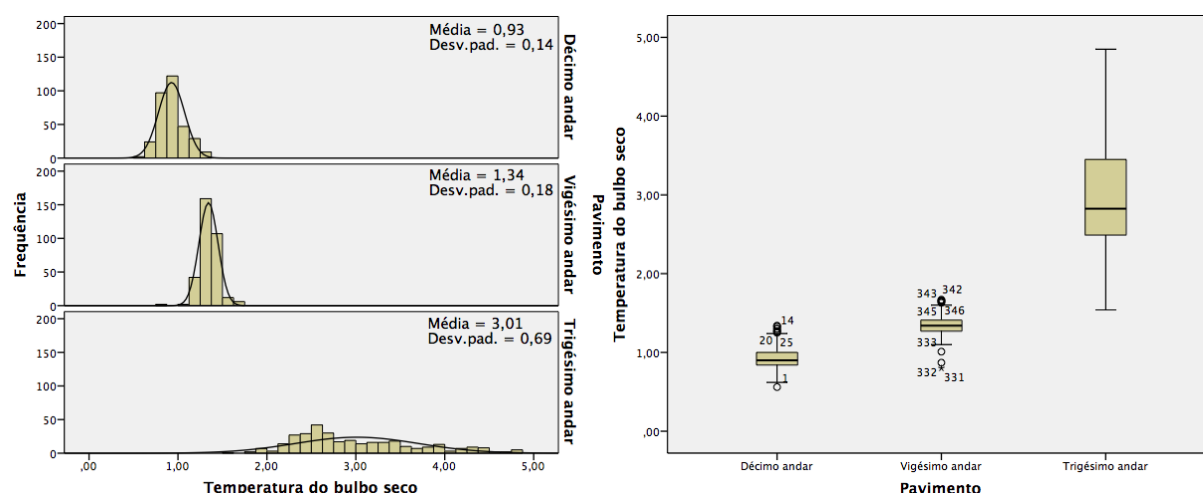


Figura 13 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 2

Diante dos histogramas evidenciados na Figura 13, constata-se que há uma diferença crescente entre as variações do rés do chão e dos pavimentos, mantendo-se a premissa de que quanto maior for a altura, maior é a diferença quantitativa encontrada. Não obstante, ressalta-se que a diferença média encontrada entre o décimo (0,93) e vigésimo (1,34) andar é menor que a diferença entre o trigésimo (3,01), ou seja, há uma tendência não linear do aumento da variação da temperatura do

bulbo seco conforme a altura, no qual pode ser ratificada pelos valores da média. Paralelamente a isso, os *boxplots* asseguram essa tese, dado que há uma grande diferença de medianas principalmente quando se faz a comparação do décimo e vigésimo andar com o trigésimo andar. Prontamente, pode-se ilustrar os resultados encontrados para a temperatura do globo a partir da Figura 14.

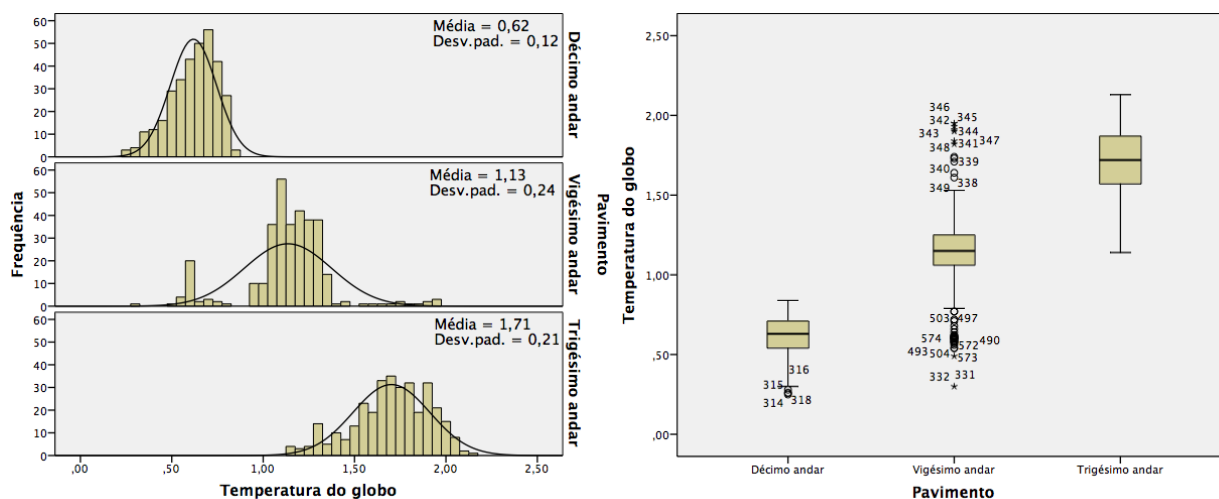


Figura 14 – Diferenças entre as temperaturas do globo, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 2

Observando os histogramas na Figura 14, verifica-se que uma diferença crescente entre as variações do rés do chão e dos pavimentos, fato semelhante ao que ocorreu com a Figura 13. Por outro lado, essa variação é mais sutil conforme pode ser observado nos valores das médias dos histogramas que possuem um valor crescente. No tocante aos *boxplots*, tem-se que suas características estão em sintonia com os resultados exibidos pelos histogramas, ressaltando o *boxplot* do vigésimo andar que possui alguns pontos extremos em ressonância com os pontos alargados no histograma. Seguidamente, tem-se a Figura 15 que exibe os dados relativos a temperatura do bulbo úmido.

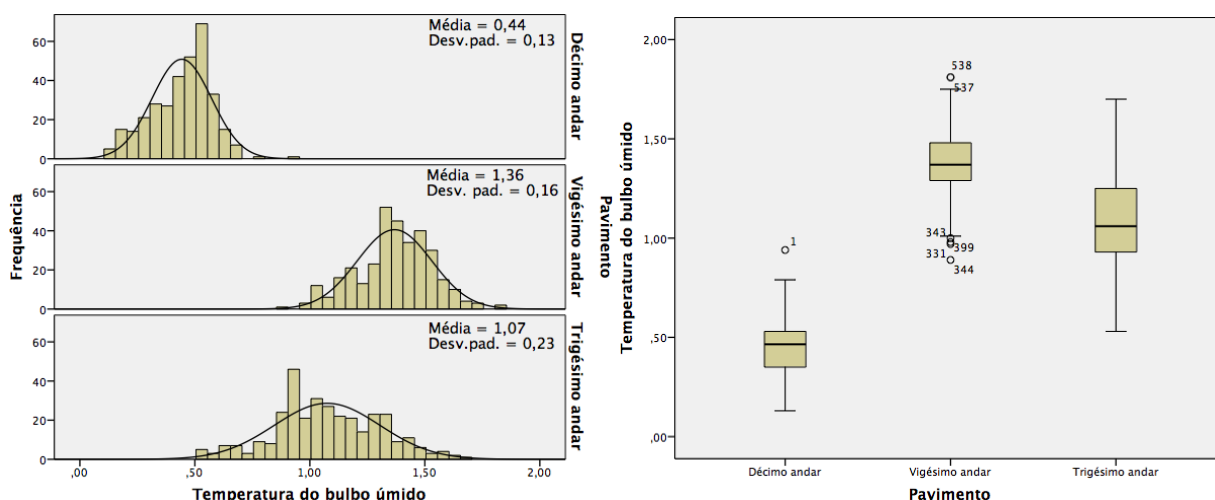


Figura 15 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo úmido, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 2

Mediante os histogramas mostrados na Figura 15, apura-se que não há uma tendência explícita de aumento da variação da temperatura do bulbo úmido conforme a variação da altura. Enquanto o histograma do décimo andar é o que apresenta menor variação, o histograma do vigésimo andar oscila mais que o do trigésimo andar, ou seja, a modificação de altura não fez com que o trigésimo andar possua os maiores índices de variação. Isso pode ser confirmado pela média desse pavimento (1,36), pois é inferior à do vigésimo (1,07) e os *boxplots* retratam bem esse fato. Ato contínuo a tais resultados a Figura 16 exhibe os dados para a variável umidade.

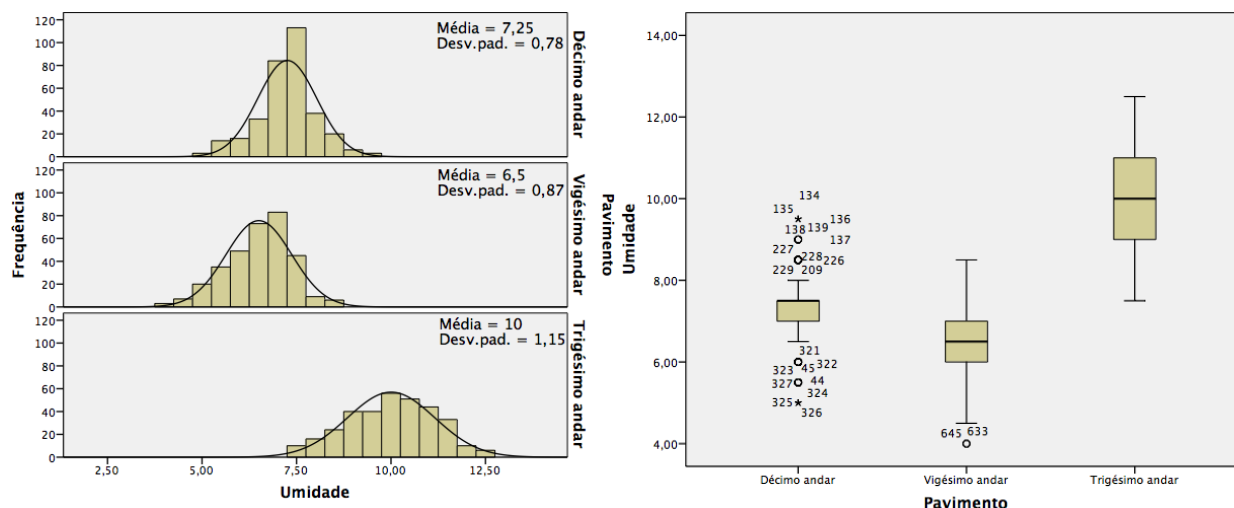


Figura 16 – Diferenças entre as unidades, de acordo com a variação dos pavimentos no Prédio 2

Ao contemplar os histogramas mostrados na Figura 16, conclui-se que do décimo para o vigésimo andar houve uma redução na variação da umidade, o que vai em confronto com os resultados anteriormente comentados. Contudo, há um aumento na variação da umidade no trigésimo andar, denotando que conforme for aumentado a altura, a humidade vai elevando-se. Todos esses fatos são explícitos na Figura 16, sabendo que o trigésimo andar possui a maior média e *boxplot*. Elucidado os resultados para o Prédio 2, pode-se dar sequência ao desenvolvimento do estudo apresentando os resultados para o Prédio 3.

5.1.3 Resultados para o Prédio 3

A respeito do Prédio 3, a Figura 17 exhibe as diferenças entre temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, temperatura do globo dos dados registrados.

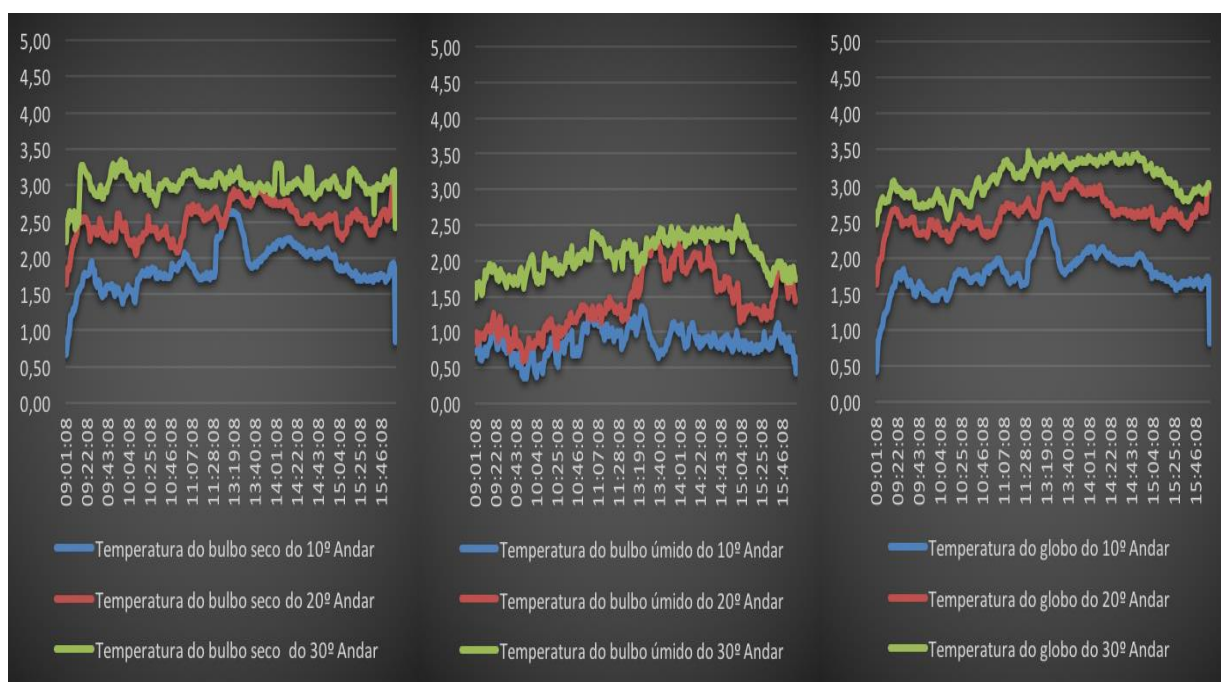


Figura 17 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, bulbo úmido e do globo do Prédio 3, conforme a variação em altura

Mediante a Figura 17, atenta-se que todas as temperaturas sofrem variação conforme a modificação de altura. Ademais, a diferença tende a ser maior quando se eleva o pavimento, ou seja, a diferença do trigésimo andar é maior que a do vigésimo andar, que por sua vez é maior que o décimo andar. Por outro lado, em alguns momentos essa diferença quando comparada com os pavimentos torna-se mínima devido a presença de causas assinaláveis. Sob um prisma global, os dados ratificam que quanto maior for a altura, maior será a diferença de temperatura entre os pavimentos, isto é, a temperatura tende a cair conforme tem-se uma maior altura. No que diz respeito a umidade, A Figura 18 exibe a diferença entre as umidades.

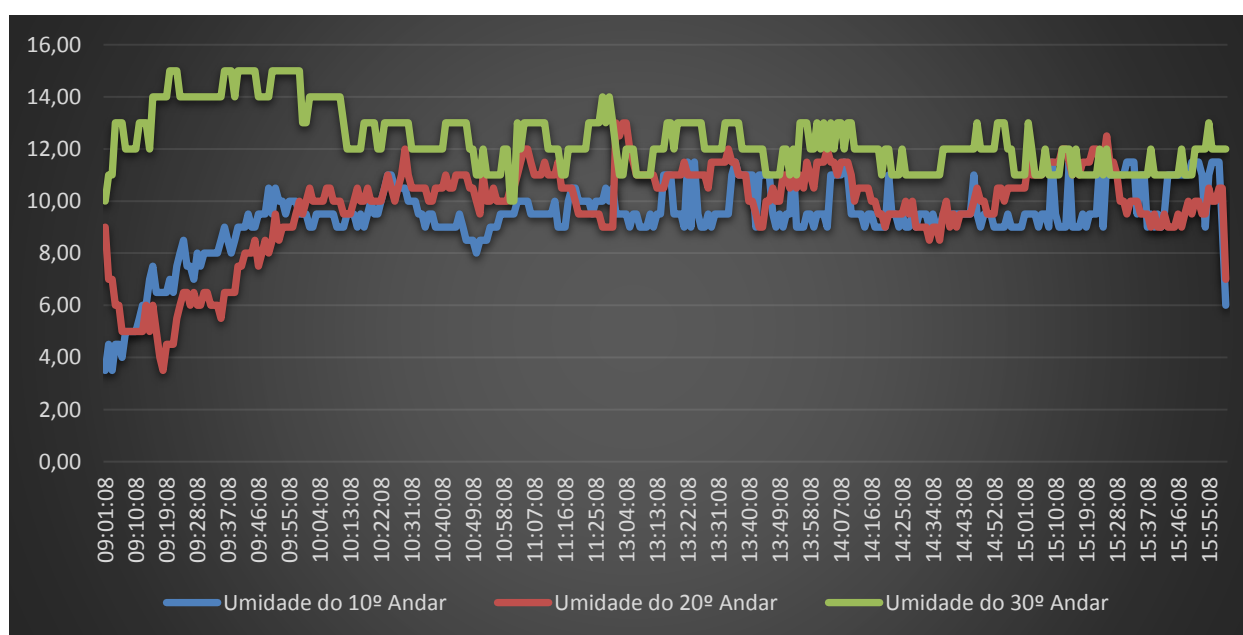


Figura 18 – Diferenças entre as umidades do Prédio 3, conforme a variação em altura

Diante da Figura 18 verifica-se que as diferenças entre as umidades são muito próximas, oscilando entre si. Com isso, não se pode afirmar com convicção que conforme o aumento da altura há um aumento na diferença da umidade, embora em muitos casos a umidade do trigésimo andar é que apresenta maior diferença. Dando continuidade ao estudo, fez-se o esboço do histograma e *boxplot* para a variável da temperatura do bulbo seco, conforme ilustra a Figura 19.

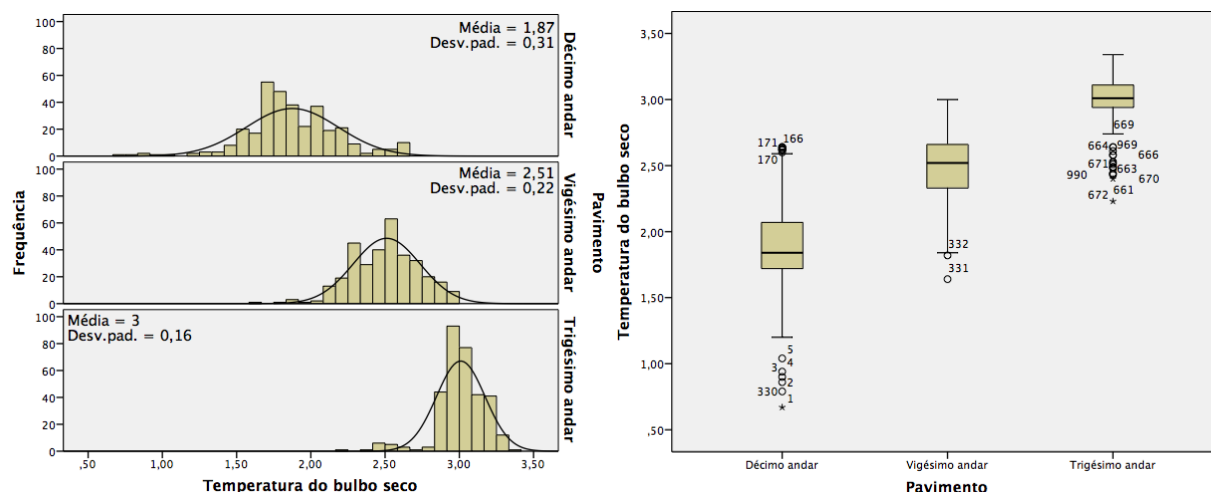


Figura 19 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo seco, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 3

Os histogramas mostrados na Figura 19, constata-se a crescente diferença entre os pavimentos, sabendo que conforme eleva-se de pavimento, há uma elevação na diferença da temperatura do bulbo seco. Isso é refletido na elaboração dos *boxplots* dado que para o décimo, vigésimo e trigésimo pavimento os *boxplots* situam-se em níveis superiores. Também pode-se observar que existem alguns *outliers* nos três *boxplots* apresentados, contudo esses são oriundos de dados que não foram frequentemente mensurados, que por sua vez não comprometem a pesquisa. Em seguida, pode-se exibir na Figura 20 os dados relativos a temperatura do globo.

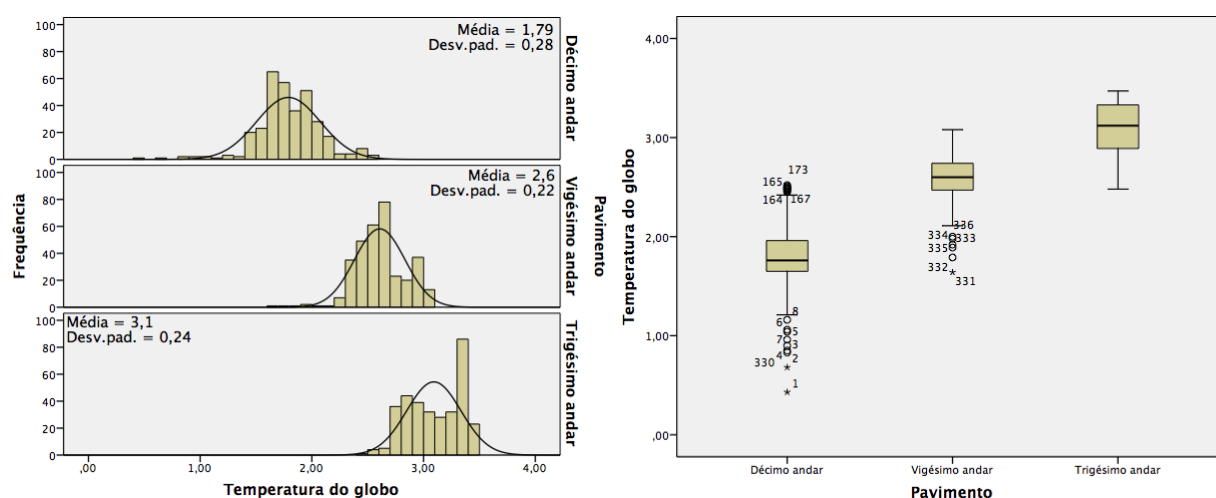


Figura 20 – Diferenças entre as temperaturas do globo, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 3

De acordo com a Figura 20, observa-se pelos histogramas de forma nítida a hipótese de pesquisa da presente tese, dado que as médias das diferenças entre o décimo (1,79), vigésimo (2,6) e trigésimo (3,1) pavimento estão crescendo continuamente conforme muda-se para um pavimento superior. Tal fato reverbera-se nos *boxplots* pois quando comparados, tem-se que eles estão em níveis distintos, no sentido de aumentar a diferença entre os pavimentos de acordo com a mudança de altura. Os *outliers* apresentados no décimo e vigésimo andar, são procedentes de alguns dados que não apareceram com grande frequência, porém esses não impactaram na caracterização das temperaturas do globo perante os diferentes pavimentos. Sendo assim, a Figura 21 exibe os resultados relacionados a temperatura do bulbo úmido.

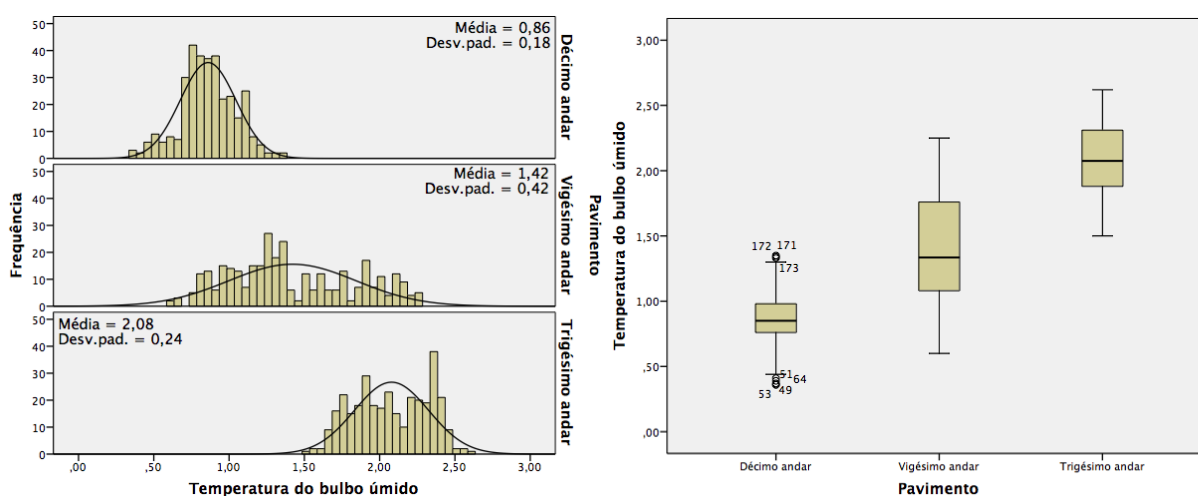


Figura 21 – Diferenças entre as temperaturas do bulbo úmido, conforme a variação dos pavimentos no Prédio 3

Semelhantemente o que ocorreu na Figura 20, os histogramas ilustrados na Figura 21 ratificam que as diferenças da temperatura do bulbo úmido entre os pavimentos tendem a aumentar em sintonia com a elevação dos pavimentos, por outro lado, observa-se grande amplitude dos histogramas, principalmente do vigésimo andar. A explicação para isso é que houveram vários dados mensurados que oscilaram a uma diferença de 0,5°C a 2,5°C, provocando um desvio-padrão mais elevado quando comparado com os outros dois pavimentos. Os *boxplot* apresentam um reflexo dos histogramas, nas quais os seus níveis modificam-se de acordo com a variação do pavimento. Direciona-se uma atenção sucinta para o décimo andar que apresenta alguns *outliers* decorrentes de dados que pouco se repetiram no estudo. Por conseguinte, a Figura 22 mostra os dados relativos a umidade.

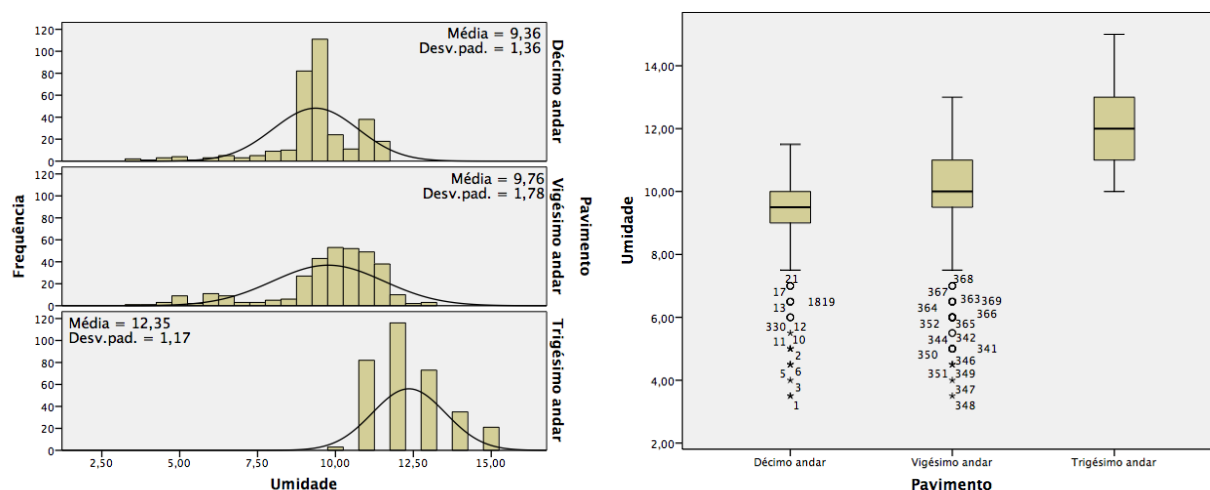


Figura 22 – Diferenças entre as umidades, de acordo com a variação dos pavimentos no Prédio 3

Os histogramas indicados na Figura 22, revelam que as diferenças existentes na umidade do Prédio 3 não são tão nítidas conforme altera-se o pavimento do prédio. As médias do décimo pavimento (9,36) e vigésimo pavimento (9,76) são bastante próximas quando comparadas com o trigésimo pavimento (12,35). Com isso, constata-se que não há uma diferença expressiva entre os dois primeiros pavimentos, o que pode ser visto nos seus respectivos *boxplots*. Além disso, observa-se uma série de *outliers* nesses pavimentos, o que não ocorre no trigésimo andar. Enfim, após a apresentação dos resultados obtidos para os três prédios, podem-se fazer algumas constatações a nível geral sobre o estudo.

5.1.4 Constatações gerais sobre os resultados dos Prédios 1, 2 e 3

Após toda a exposição dos principais resultados encontrados, torna-se essencial a adoção de testes estatísticos que verifiquem se as diferenças encontradas entre os pavimentos são significativas ou não, buscando maiores informações sobre os dados. Assim, para os parâmetros investigados, fez-se o teste das medianas na qual se constatou que há diferenças entre todas as medianas das variáveis, tendo em vista que o *p-value* foi de 0,0 admitindo-se um nível de significância de 0,05 para rejeitar a hipótese nula. Simultaneamente a isso, elaborou-se o teste de Kruskal-Wallis, o qual ratificou que as distribuições são estatisticamente diferentes para cada pavimento, dado que o *p-value* foi de 0,0 considerando-se um nível de significância de 0,05 para rejeitar a hipótese nula.

Os dois testes aplicados personificam a hipótese de que o ambiente térmico varia conforme a construção em altura, tendo em vista que a diferença entre as variáveis do rés do chão para o décimo andar é estatisticamente significativa, assim como a diferença entre o rés do chão para o vigésimo andar e, por sua vez, a diferença do rés do chão para o trigésimo andar. Além disso, verificou-se que em praticamente todos os casos as temperaturas possuem uma diferença acima de 1°C no tocante a comparação do rés do chão para o vigésimo andar (diferença aproximadamente de 60 metros de altura), o que entra em conflito com um padrão explícito na literatura que comenta

que a cada 100 metros de altura tem-se uma redução de 1°C, conforme os estudos de Drescher (2012).

As explicações para isso, podem ser oriundas da própria característica da construção de edificações dado que conforme aumenta-se a altura da construção, tende a diminuir a existência de casas ou demais prédios no entorno, fazendo com que o ar transite com maior facilidade. Outra questão importante que pode contribuir com esses resultados é que os prédios encontram-se em regiões povoadas, nas quais há uma tendência de formação de Ilhas de Calor Urbano que concentram maior carga térmica no solo, dissipando-a conforme tem-se a elevação de altura. Em sintonia a isso, as pesquisas de Hu et al (2012), constataram que a intensidade das ICU em uma altura de 80 metros é menor do que em uma altura de 2 metros ou 10 metros.

Por outro lado, a umidade mostrou-se mais complexa de ser estudada quando comparada com as temperaturas. Embora verifica-se que de fato há modificação da umidade conforme tem-se a elevação de pavimentos, os resultados não seguem um modelo mais visível de crescimento constante. Uma possível explicação para isso é que todos os prédios investigados eram de estrutura física semelhante e estavam na mesma fase de acabamento, contudo os materiais utilizados pelos trabalhadores podem interferir de forma mais direta na umidade do que na temperatura. Independente disso, essa constatação já emerge como um fator a ser considerado posteriormente nas pesquisas científicas que norteiam o tema.

Realizadas as comparações e comentários para cada variável ambiental mensurada, consagra-se que há uma mudança do ambiente térmico conforme ocorre a construção de edificações em distintas alturas. Tal acontecimento está em sintonia com os estudos de Lopes (2007) no qual constatou uma variação do ambiente térmico, porém o mesmo não conseguiu realizar mensurações comparativas entre as variáveis. Ademais, observa-se que há uma tendência de maior diferença entre as variáveis investigadas no vigésimo e trigésimo piso, ou seja, conforme a altura se acentua, há uma maior diferença entre as variáveis. Esse fato vai de encontro ao estudo de Teixeira (2013), no qual se verificou que conforme tem-se uma mudança de altura na construção de edificações, as variáveis ambientais tendem a se intensificar.

Além de todo o arcabouço empírico-científico apresentado nessa seção, tornou-se interessante calcular o índice WBGT para os valores das diferenças obtidas de cada pavimento, assim como para cada prédio. A explicação para essa necessidade é que o Brasil possui diversas Normas Regulamentadoras (NR) no tocante a inspeção do trabalho desempenhado, com o intuito de garantir o bem-estar e segurança ao trabalhador. Dentre tais normas, tem-se a NR-15 que é voltada para atividades e operações insalubres, nas quais se destacam o limite de tolerância para exposição ao calor. Esse limite é calculado pelo índice WBGT, que dependendo do seu valor afeta o regime de trabalho intermitente dos trabalhadores. Esse regime é explicitado pela Tabela 13.

De acordo com a Tabela 13, dependendo do tipo de atividade do trabalho e do valor de exposição ao calor, deve-se ter pausas durante a jornada de trabalho. Caso a empresa não cumpra o determinado pela norma, ela pode ser autuada e/ou condenada por intermédio de um processo judicial. Assim, mediante aos dados coletados, elaborou-se o índice WBGT para cada prédio e pavimento conforme evidencia a Figura 23.

Tabela 13 – Relação entre o tipo de atividade executada e o regime de trabalho

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	Tipo de atividade (valores do índice WBGT)		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	Até 30	Até 26,7	Até 25
45 minutos de trabalho 15 minutos de descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28	25,1 a 25,9
30 minutos de trabalho 30 minutos de descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26 a 27,9
15 minutos de trabalho 45 minutos de descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28 a 30
Não é permitido o trabalho, sem adoção de medidas adequadas de controle	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30

Adaptado de Brasil (2014)

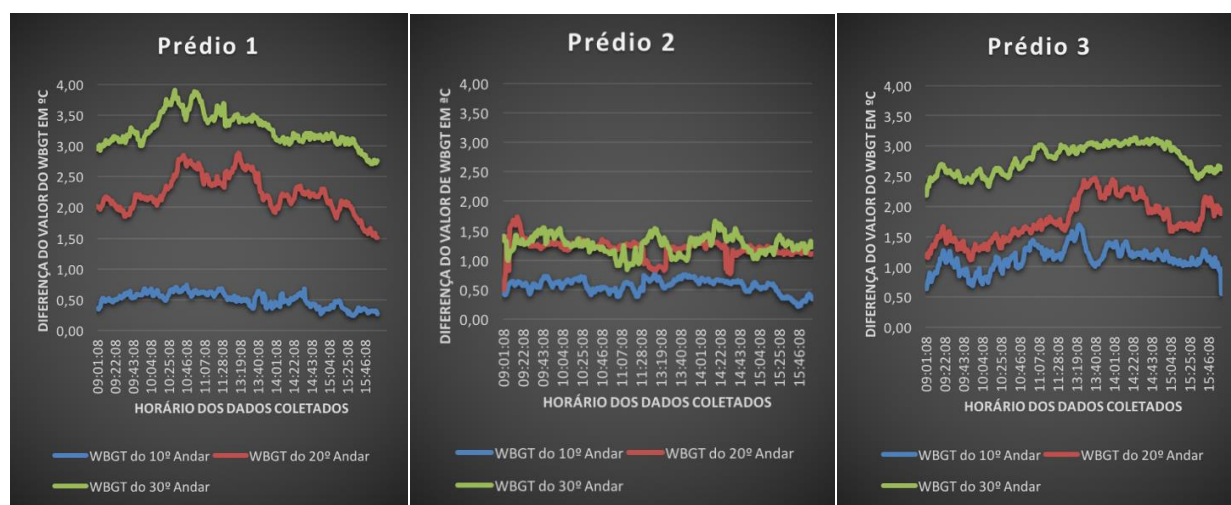


Figura 23 – Comparativo das diferenças do índice WBGT para cada Prédio e pavimento, conforme a variação em altura

Com relação a Figura 23, nota-se que as diferenças dos valores do índice WBGT são distintas entre os prédios e pavimentos, contudo para os Prédios 1 e 3, as diferenças são mais acentuadas que o Prédio 2. Nos casos dos Prédios 1 e 3, nos quais a diferença do trigésimo andar oscila de 2°C a cerca de 4°C, pode-se ter uma classificação perante a norma que não corresponda a realidade do desconforto térmico, tendo em vista que o trabalhador que se encontra no trigésimo pavimento pode se enquadrar em um regime de trabalho distinto do trabalhador que atua no rés de chão. Com isso, o presente estudo permite vislumbrar um modelo de gestão que verifique o local no qual o trabalhador desempenha sua atividade, relacionando-se com a exposição ao calor e a construção em altura. Nesse sentido, os gestores da empresa da construção das edificações podem verificar se o regime de trabalho adotado está de acordo com a realidade, o que pode proporcionar uma melhor gestão na construção de edificações.

5.2 Variação da produtividade com a altura

Em sintonia com a ideia de proporcionar métricas de gestão, tentou-se verificar a diferença de produtividade dos trabalhadores da construção civil de acordo com os valores obtidos das

diferenças de cada pavimento para cada prédio. Para isso, adotaram-se os modelos de produtividade da construção civil relacionados ao ambiente térmico que são consagrados na literatura, sendo eles: Koehn e Brown (1985); Thomas e Yiakoumis (1987); e Mohamed e Srinavin (2002).

5.2.1 Modelo de Mohamed e Srinavin

Inicialmente, fez-se a aplicação dos dados obtidos no modelo de Mohamed e Srinavin no qual consiste numa adaptação do PMV baseada em três tipos de atividades: tarefas leves (PL), tarefas moderadas (PM) e tarefas pesadas (PH) na construção civil. Nesse contexto, tem-se a abordagem esmiuçada para cada tipo de tarefa, conforme pode ser evidenciado pela Figura 24 que mostra os resultados comparativos entre o décimo andar e o rés de chão.

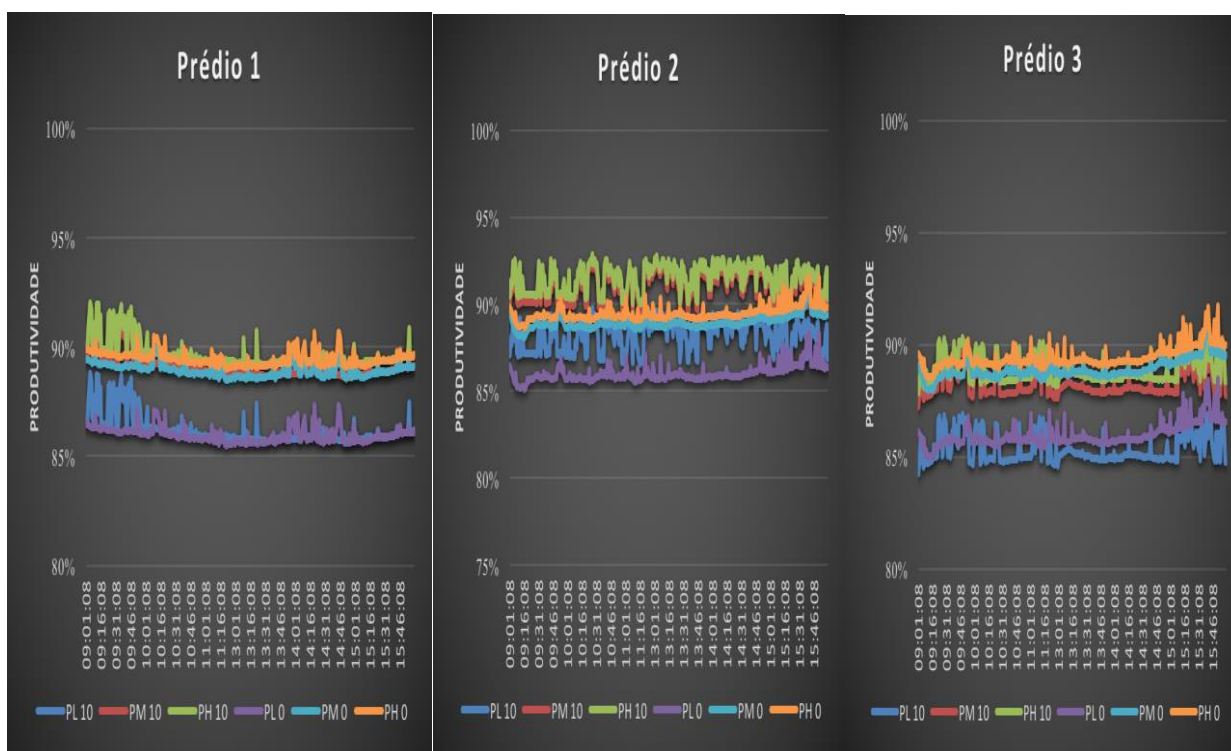


Figura 24 – Comparativo dos modelos de Mohamed e Srinavin para o rés do chão (PL 0, PM 0, PH 0) e décimo andar (PL 10, PM 10, PH 10)

De acordo com a Figura 24, para as tarefas leves constata-se que no Prédio 2, o valor da produtividade no décimo andar (PL 10) é praticamente superior ao valor da produtividade no rés de chão (PL 0), contudo esse resultado difere do Prédio 3, no qual a produtividade do rés de chão é majoritariamente maior que o décimo andar, nas primeiras horas da manhã. O Prédio 1, por sua vez, possui valores muito próximos da produtividade dos dois andares em estudo, porém nota-se que no início da manhã a produtividade no décimo andar é maior que o valor da produtividade no rés de chão. Em relação as tarefas moderadas (PM) e pesadas (PH) pode-se verificar que o comportamento é semelhante ao que foi constatado nas tarefas leves: No Prédio 2 a produtividade

no décimo andar (PM 10 e PH 10) é majoritariamente maior que produtividade no rés de chão (PM 0 e PH 0), porém ocorre o sentido inverso no Prédio 3 e no Prédio 1 os valores são muito próximos um do outro, sendo a produtividade da tarefa pesada no décimo andar ligeiramente maior que a do rés do chão nos primeiros minutos de coleta de dados.

Em seguida, pode-se evidenciar os resultados para a comparação do vigésimo andar e rés do chão por meio da Figura 25.

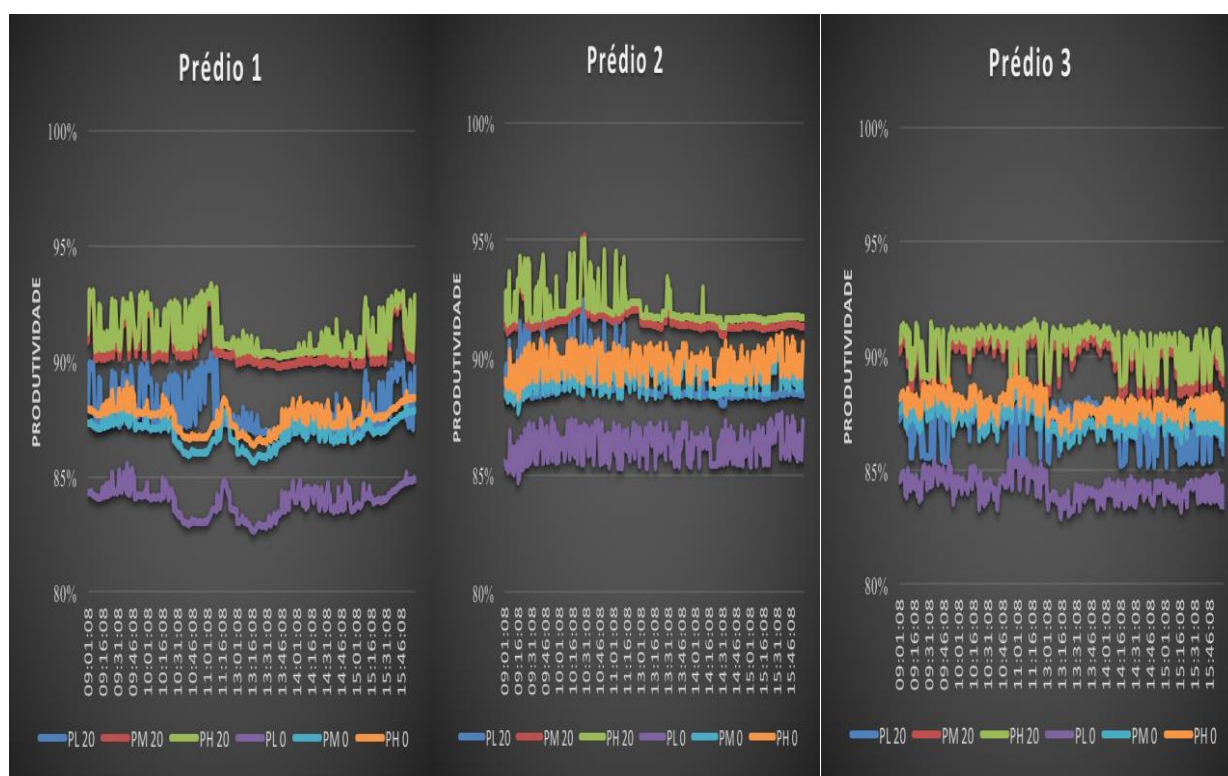


Figura 25 – Comparativo dos modelos de Mohamed e Srinavin para o rés do chão (PL 0, PM 0, PH 0) e vigésimo andar (PL 20, PM 20, PH 20)

Mediante a Figura 25 apura-se que para as tarefas leves, moderadas, e pesadas a produtividade do vigésimo andar (PL 20, PM 20 e PH 20) é constantemente superior quando comparada com a produtividade do rés do chão (PL 0, PM 0 e PH 0). Ademais, pode-se observar que os valores da produtividade das tarefas moderadas e pesadas são bem próximas, o que não ocorre na produtividade das tarefas leves. Outro fato interessante é que a produtividade da tarefa pesada é a que apresenta melhores índices de produtividade.

Na continuidade, ilustram-se os resultados encontrados da comparação do trigésimo andar e rés do chão por intermédio da Figura 26.

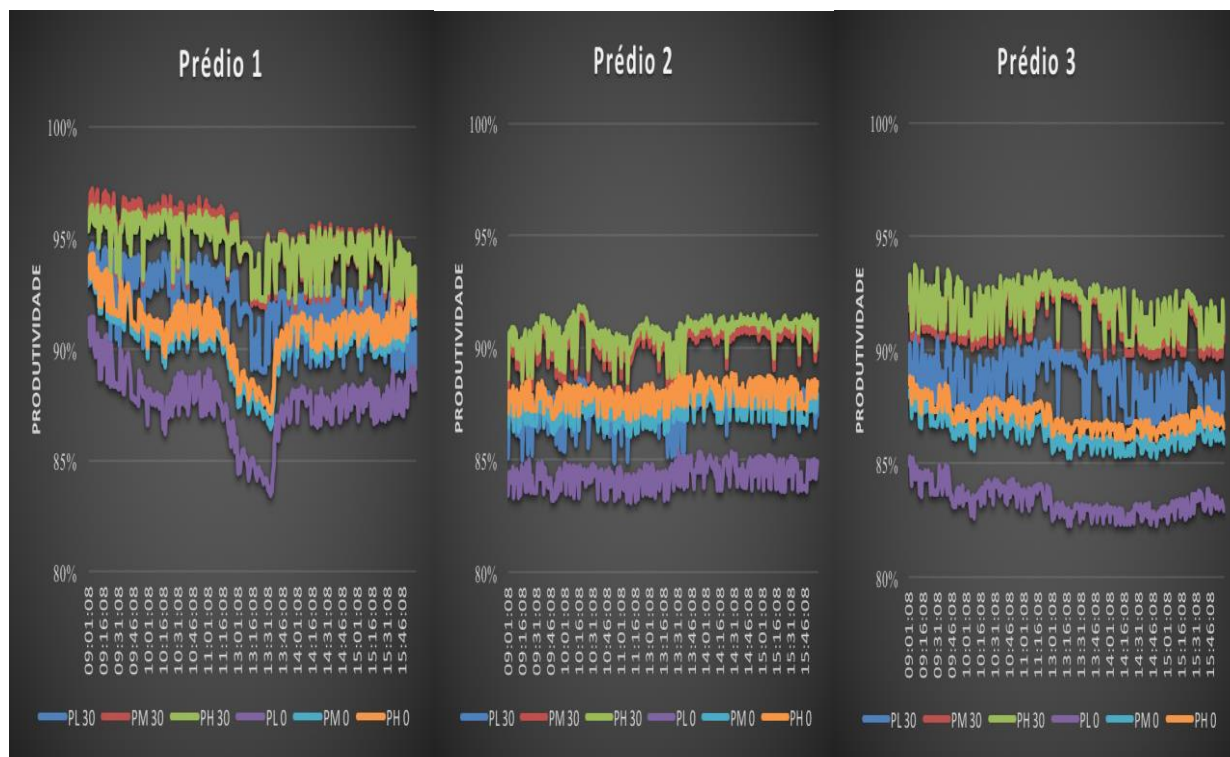


Figura 26 – Comparativo dos modelos de Mohamed e Srinavin para o rés do chão (PL 0, PM 0, PH 0) e trigésimo andar (PL 30, PM 30, PH 30)

A partir da Figura 26 tem-se várias constatações que estão em sintonia com os dados exibidos na Figura 25. Inicialmente, nas tarefas leves, moderadas, e pesadas a produtividade do trigésimo andar (PL 30, PM 30 e PH 30) é maior que a produtividade do rés do chão (PL 0, PM 0 e PH 0), nos quais os valores da produtividade das tarefas moderadas e pesadas são bem próximas, embora sejam distantes dos dados da produtividade das tarefas leves. Ressalta-se que a produtividade das tarefas pesadas é a que apresenta melhores índices de produtividade para o Prédio 2 e 3, contudo para o Prédio 1 a produtividade das tarefas moderadas é maior.

Diante dos resultados da aplicação do modelo de Mohamed e Srinavin (2002), pode-se fazer algumas discussões. Os resultados referentes a diferença entre os pavimentos do décimo andar e rés do chão não são muito distintos, não oferecendo grande variação da produtividade. Uma possível explicação para isso é que as diferenças das temperaturas (globo, seco, úmido), umidade não são tão expressivas. Contudo, conforme foi explicitado na subseção anterior, a medida que a altura da construção vai aumentando, as diferenças entre esses parâmetros ambientais tendem a crescer e isso se traduz em diferenças mais significativas quando se compara o vigésimo e trigésimo andar com o rés do chão. Nesse aspecto, as diferenças de produtividade são maiores, ou seja, tem-se um maior valor de produtividade para os trabalhadores que desempenham suas funções em altura mais elevadas. Isso é compreensível pois a cidade de Recife é quente e úmida e ao se ter temperaturas mais brandas, os trabalhadores tendem a se sentirem mais confortáveis termicamente.

Além disso, deve-se comentar que a produtividade das tarefas pesadas foi considerada como uma melhor produtividade em quase todos os cenários estudados, sendo a produtividade de tarefas leves

a que possui menor valores. Esses resultados são notórios, tendo em vista que entra em conflito com um senso comum que trabalhos que demandem menores esforços são menos cansativos e tendem a potencializar a produtividade. Em contrapartida, a possível explicação para isso é a forma com que o modelo quantifica a produtividade: as tarefas leves são menos sensíveis as variações do PMV, quando comparadas com tarefas moderadas e principalmente quando as tarefas são pesadas. Assim, conforme aumenta-se a construção em altura, maior a variação dos parâmetros ambientais, o que acarreta na possibilidade de maior variação do PMV. Essa explicação está em sintonia com as constatações do estudo de Lopes (2007) que verificou que a maior diferença de acréscimo de produtividade encontrada na variação do modelo de Mohamed e Srinavin é nas tarefas pesadas, assim como os construtos empíricos de Teixeira (2013) que ratificaram a influência do PMV nos resultados das distintas tarefas oferecidas pelo modelo de Mohamed e Srinavin.

5.2.2 Modelos de Koehn e Brown e de Thomas e Yiakoumis

Seguidamente, tem-se a aplicação do modelo de Koehn e Brown (K&B) e Thomas e Yiakoumis (T&Y) para os dados obtidos do décimo andar eo rés do chão, conforme exhibe a Figura 27.



Figura 27 – Comparativo dos modelos de Koehn e Brown (K&B) e Thomas e Yiakoumis (T&Y) para o rés do chão (K&B 0, T&Y 0) e décimo andar (K&B 10, T&Y 10)

Ao verificar a Figura 27 nota-se de imediato informações graficamente diferenciadas no Prédio 2 e 3 no tocante ao modelo de Thomas e Yiakoumis (T&Y). Isso ocorre por dois motivos:

- A faixa de validação do modelo é violada, resultando em dados que não podem ser interpretados. Deve-se esclarecer que esse modelo possui resultados válidos para temperaturas que estejam entre 11 a 28°C e humidade relativa que esteja inserida na faixa de 19 a 85%;
- O modelo resulta em valores de produtividade maiores que 100%, o que não pode ser admitido no contexto real de trabalho.

Sendo assim, observa-se que há um viés no modelo de Thomas e Yiakoumis (T&Y) a ser discutido posteriormente. Para o Prédio 1, tem-se que a produtividade do rés de chão é maior que a do décimo andar, com valores já próximos a 100%. Já para o Prédio 2 e 3 ocorre o inverso, ou seja, a produtividade do décimo andar é maior que a do rés do chão, contudo apenas pouco mais da metade dos dados são validados dado que a grande maioria ultrapassa os valores de 100% de produtividade. Já para o modelo de Koehn e Brown (K&B) ratifica-se que em todos os Prédios a produtividade do rés do chão é maior que a do décimo andar, porém os maiores dados de produtividade desse modelo não ultrapassam 85% enquanto o modelo de Thomas e Yiakoumis (T&Y) está em sua maioria num patamar acima de 95%.

De seguida, a Figura 28 exhibe os valores encontrados para a comparação do rés do chão e vigésimo andar.

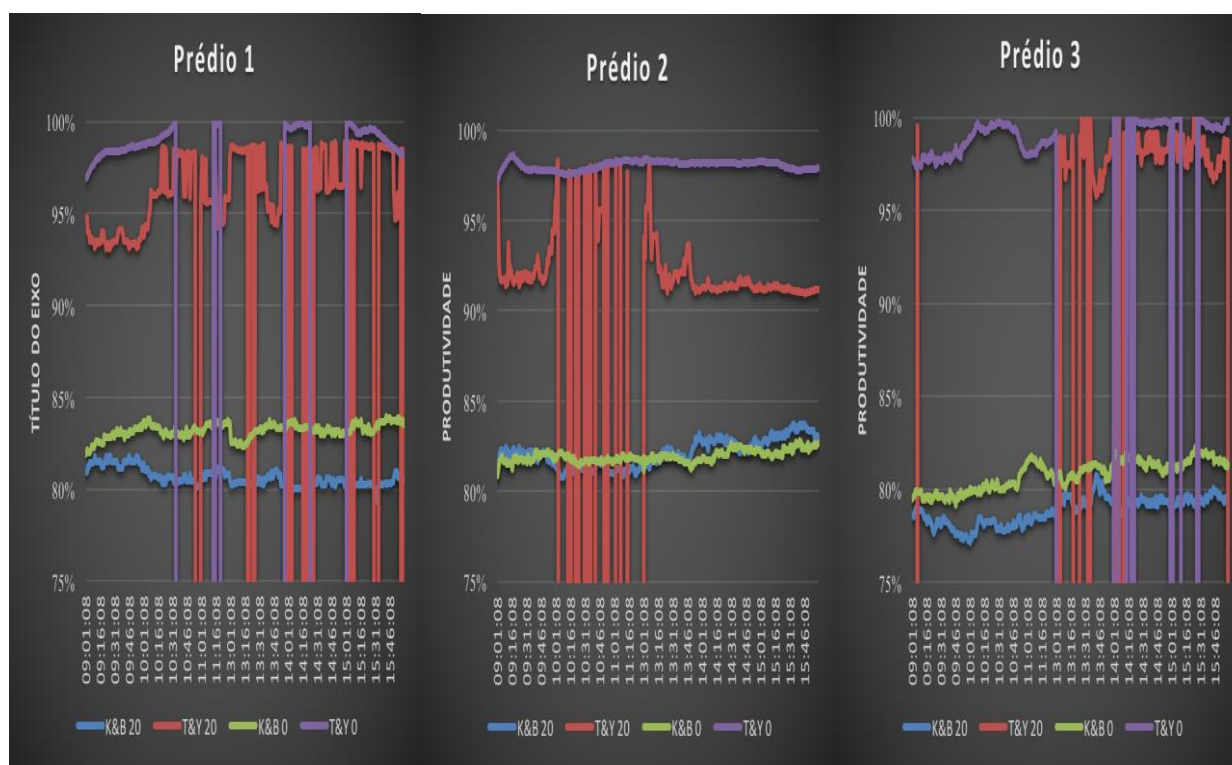


Figura 28 – Comparativo dos modelos de Koehn e Brown (K&B) e Thomas e Yiakoumis (T&Y) para o rés do chão (K&B 0, T&Y 0) e vigésimo andar (K&B 20, T&Y 20)

De acordo com a Figura 28 verifica-se que para o modelo de Thomas e Yiakoumis (T&Y) os três prédios apresentam que a produtividade do vigésimo andar é superior a produtividade do rés de chão, contudo existem muitas incongruência nos dados tendo em vista que resultam em valores

acima de 100% de produtividade, a salvo o rés de chão do Prédio 2. Em relação ao modelo de Koehn e Brown (K&B) tem-se que o comportamento da produtividade no Prédio 1 e 3 é semelhante ao que foi constatado na comparação do rés de chão e décimo andar, isto é, a produtividade do rés de chão é maior que a produtividade do décimo andar. Por outro lado, ao observar o Prédio 2 tem-se que os valores são bastante aproximados, mas no período da tarde o vigésimo andar possui na maioria dos casos uma produtividade mais acentuada.

A Figura 29 esboça os valores da comparação do rés do chão com o trigésimo andar.

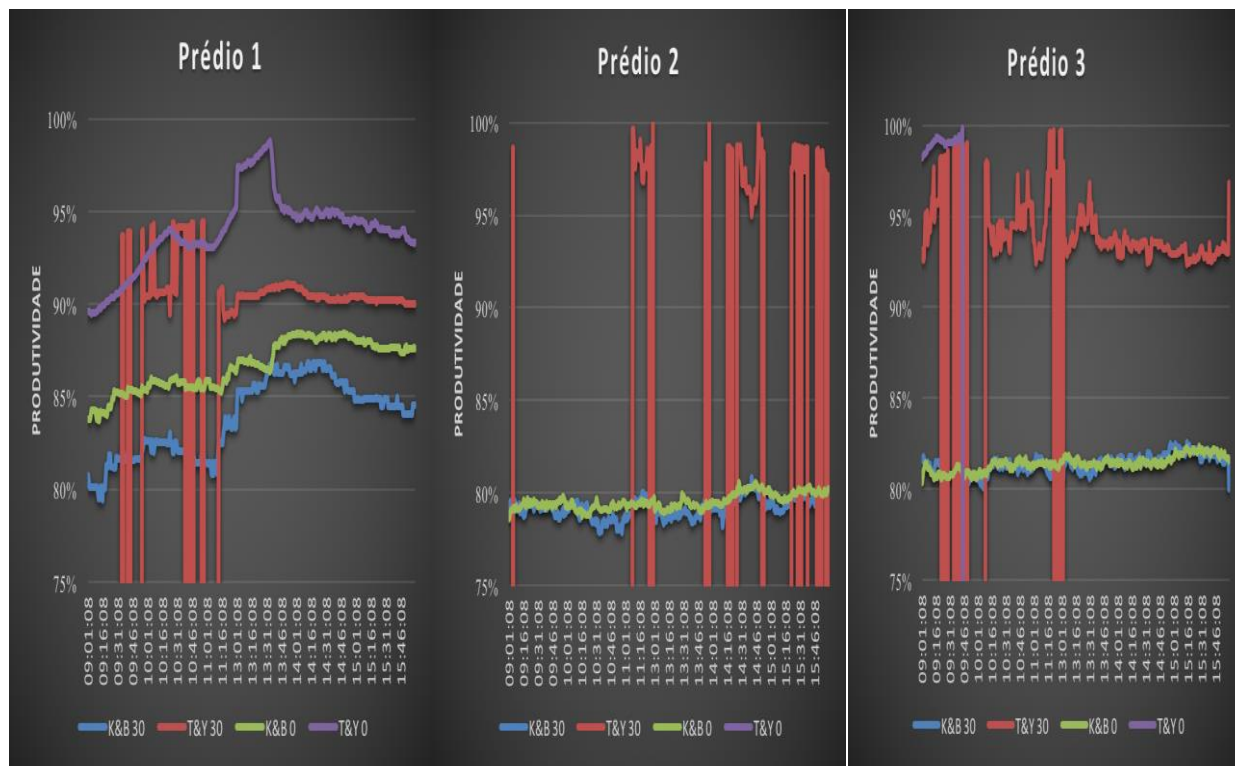


Figura 29 – Comparativo dos modelos de Koehn e Brown (K&B) e Thomas e Yiakoumis (T&Y) para o rés do chão (K&B 0, T&Y 0) e trigésimo andar (K&B 30, T&Y 30)

A Figura 29 mostra que para o modelo de Thomas e Yiakoumis (T&Y) o Prédio 1 apresenta incongruências na manhã do trigésimo andar devido a valores acima de 100% de produtividade, porém no período da tarde o mesmo estabiliza-se. Já os valores do rés do chão apresentam um crescimento anômalo no início da tarde para a posterior ter uma redução e maior homogeneização dos dados. No tocante ao Prédio 2, todos os valores referentes a produtividade do rés de chão estão acima de 100% e por isso que o gráfico não exibe essa respectiva série em seu esboço. De oportuno, ocorre um comportamento semelhante no Prédio 3 no qual apenas os primeiros minutos de medição do rés de chão acarretaram em uma indicação da produtividade, dado que os demais possuem valores superiores a 100%. Ressalta-se que os valores trigésimo andar para o Prédio 2 e 3 também possuem uma série de valores de produtividade superdimensionados, o que reforça o viés sobre esse modelo. Paralelamente a esses fatos, o modelo de Koehn e Brown (K&B) apresenta no Prédio 1 um comportamento semelhante ao já mostrado anteriormente, no qual a produtividade do rés de chão é maior que a do trigésimo andar, além de mostrar que a produtividade do período

da tarde tende a ser maior que no período da manhã. Em contrapartida, nos Prédios 2 e 3 os valores do rés de chão e trigésimo andar estão próximos, permutando entre si a maior produtividade existente. Deve-se ressaltar que o mesmo ocorreu na comparação do rés de chão e vigésimo andar no Prédio 2. Do exposto, pode-se fazer uma discussão minuciosa sobre ambos os modelos abordados.

O modelo Thomas e Yiakoumis mostrou-se incompatível com o estudo mediante a diversos dados de produtividade com valores acima de 100%. Por outro lado, ressalta-se que esse fato não é exclusivo do presente estudo: os construtos de Lopes (2007) e Teixeira (2013) identificaram o mesmo problema, com dados sendo descartados devido a superestimação da produtividade. Em sintonia a isso, Sousa e Baptista (2014) elucidam que esse modelo considera o parâmetro de umidade como uma variável de entrada independente, mas os resultados apresentados não mostram claramente o efeito desta variável.

Em relação ao modelo de Koehn e Brown verificou-se que ele entra em conflito com os resultados obtidos modelo de Mohamed e Srinavin dado que na maioria dos casos o rés do chão é considerado mais produtivo que os andares superiores. A explicação para esse fato é que o modelo possui grande dependência da umidade e, conforme ilustrado na subseção anterior, a humidade tende a aumentar mais expressivamente conforme eleva-se a altura na construção, assim como de forma inversa, a temperatura tende a cair. Nesse contexto, explica-se a frequência de uma maior produtividade do rés de chão quando comparado com o décimo andar, tal como a minimização dessa diferença ao comparar o rés do chão com o trigésimo andar. Isso também está atrelado a constatação que Lopes (2007) e Teixeira (2013) realizaram, ao verificar empiricamente que esse modelo possui baixa variação de acordo com temperatura e umidade.

Em suma, embora alguns modelos possuam uma faixa de validação de valores específicos para serem credíveis, os resultados mostraram majoritariamente valores de produtividade acima de 80%, muitos nos quais ultrapassavam o valor de 100% de produtividade, o que é inviável para qualquer modelo de gestão. Ademais, conforme foi comentado no início da presente tese, a produtividade da construção civil tende a ser baixa, mediante as intempéries climáticas, exigência de esforço físico no trabalho e baixa escolaridade. Portanto, os valores obtidos não correspondem a realidade do cenário da construção civil brasileira, não sendo abordados de forma minuciosa no presente trabalho. Não obstante, o trabalho desenvolvido em Portugal por Teixeira (2013) atingiu a mesma conclusão, ou seja, o problema da superestimação da produtividade não é exclusivo de uma determinada região geográfica. Por fim, verificado todo o aspecto da variação do ambiente térmico na construção em altura, pode-se dar início a análise da percepção do conforto térmico por parte dos trabalhadores.

5.3 Percepção do conforto térmico

5.3.1 Resultados das análises

Conforme foi evidenciado na subseção 2.3, obteve-se 37 artigos científicos que abordam o tema de percepção de conforto térmico. Em seguida, analisaram-se as principais características desses artigos, evidenciando os autores, países nos quais foram realizados os estudos, os locais de análise, período de coleta, principais índices de ambiente térmico utilizados e demais questões demográficas e individuais exibidas no trabalho. A partir dela, constata-se que as publicações e os períodos de coleta de dados são todas recentes, do início do presente século, o que demonstra o caráter atual da pesquisa. Paralelamente a isso, as pesquisas ocorrem em distintos lugares, contudo os parques e as praças se destacam como os locais que obtiveram maior número de estudos empíricos. Além disso, a maioria dos questionários validados estão na casa de centenas, ou seja, os estudos buscaram informações de vários indivíduos para compor a amostra em estudo. Já em relação aos índices de ambiente térmico, o índice PET foi o que mais surgiu, tendo em vista que esse índice foi proposto por Höpfe (1999), sendo definida como a temperatura fisiológica equivalente de uma pessoa em qualquer lugar. Contudo, o índice é comumente usado para previsões de conforto ao ar livre em várias condições climáticas (KRÜGER et al, 2013).

No tocante as questões demográficas e individuais, elaborou-se a Figura 24 em consonância com a finalidade de melhor elucidar quais os fatores individuais que mais frequentemente surgiram nos artigos científicos.

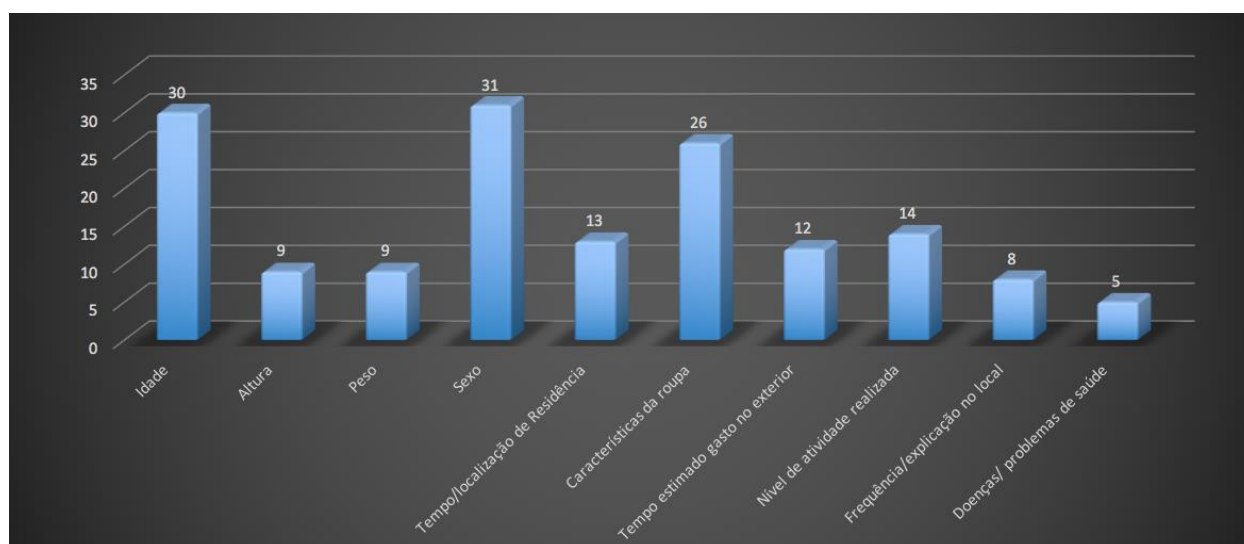


Figura 30 – Fatores individuais presentes nos artigos selecionados

Constata-se pela Figura 30, que os fatores Sexo, Idade e Característica das roupas foram os que mais referências tiveram. O aparecimento dos dois primeiros fatores é justificado devido a necessidade informações sociais globais dos indivíduos, ou seja, são as informações que normalmente são solicitadas na aplicação de questionários em geral. O levantamento de perguntas

a respeito de Características das roupas pode ser explicado porque o vestuário é um dos parâmetros ambientais que afeta o conforto térmico, assim a forma com que a pessoa está vestida influencia sua sensação térmica.

Posteriormente, ao analisar a literatura científica, constatou-se que muitos deles utilizam no questionário variáveis dispostas no protocolo de avaliação subjetiva de ambiente térmico da norma ISO 10551 (1995), que já foram elucidadas na Tabela 10. Diante disso, tem-se as quatro variáveis, sendo elas: percepção/sensação térmica; avaliação térmica; preferência térmica e aceitabilidade térmica. Ressalta-se que a variável tolerância térmica não foi colocada em nenhum questionário. De acordo com as informações evidenciadas, podem-se verificar graficamente os principais resultados com o intuito de oferecer uma melhor compreensão já que a maioria das variáveis são apresentadas por intermédio de escalas Likert. Assim, a Figura 31 exibe os resultados para a percepção/sensação térmica dos indivíduos.

Observando a Figura 31, pode-se concluir que a maioria dos trabalhos adota uma escala Likert de sete pontos que oscila entre frio a quente, embora também existam estudos com escalas de 5 e 9 pontos. Uma possível explicação é que essa mesma escala é adotada pela ASHRAE 55 (2010), sendo bastante difundida na literatura. Por conseguinte, a Figura 32 mostra os resultados para a variável avaliação térmica.

Segundo a Figura 32, verifica-se que a grande maioria dos trabalhos não questiona os indivíduos sobre sua avaliação térmica, ou seja, qual o nível de desconforto com o ambiente. Os trabalhos que abordam a referida variável, são poucos e estão distribuídos em escalas de 4 a 7 pontos, além de um artigo utilizar uma questão dual (possui as opções “Sim” ou “Não” como resposta). Uma premissa que pode ser levantada é que os estudos possuem foco apenas em verificar o grau de sensação térmica do indivíduo, não levando em consideração se há uma relação da sensação com o desconforto térmico. Em continuidade com a análise, a Figura 33 demonstra os resultados obtidos na variável preferência térmica.

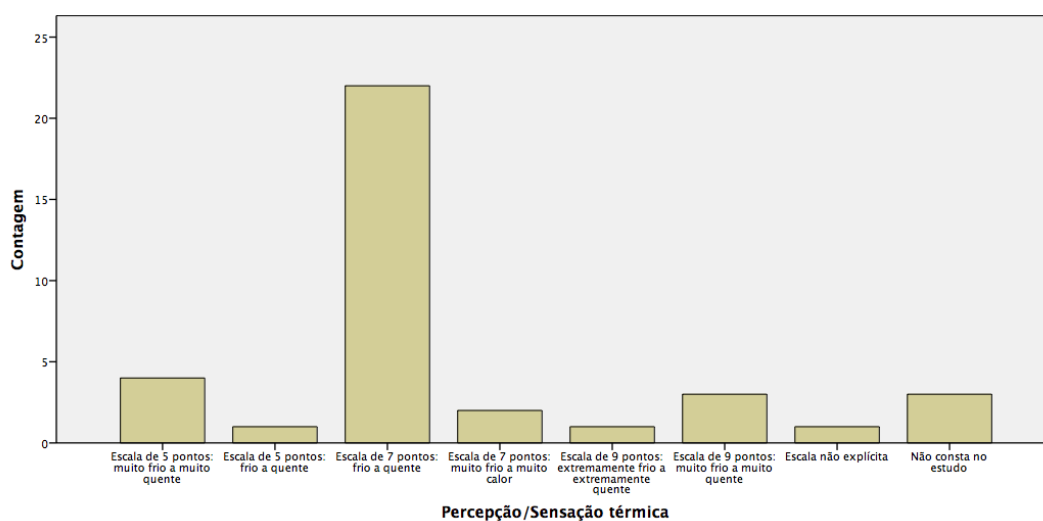


Figura 31 – Percepção/sensação térmica presente nos artigos científicos

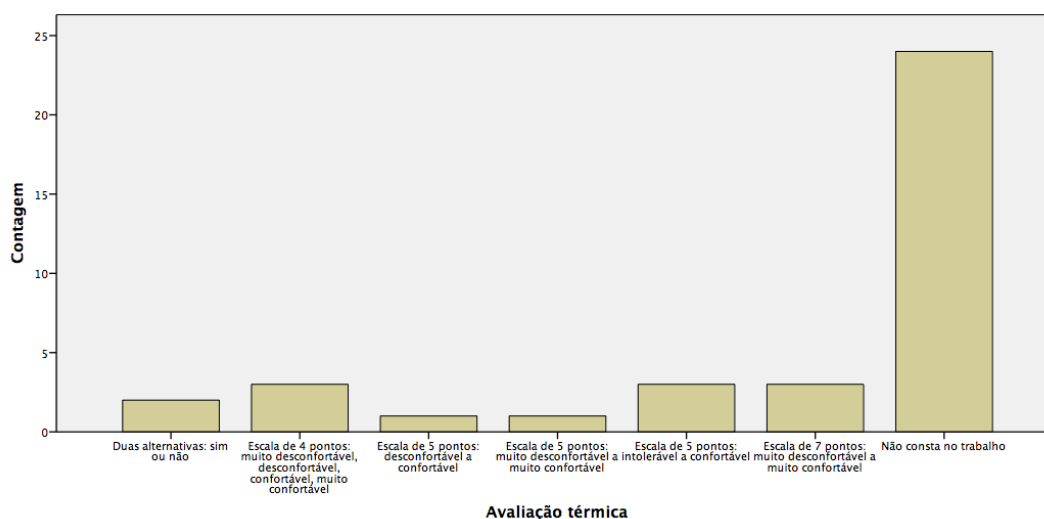


Figura 32 – Avaliação térmica presente nos artigos científicos

Da mesma forma que ocorreu para a variável avaliação térmica, a Figura 33 mostra que a preferência térmica não é indagada na grande maioria dos artigos científicos, e os que o fazem adotam uma escala Likert de 3 ou 7 pontos. Isso ratifica a hipótese que os estudos se concentram apenas na sensação térmica dos indivíduos. Em seguida, verificou-se as respostas oriundas da variável aceitabilidade térmica, na qual constatou-se que em 28 artigos não contemplam no estudo a descrição da variável, enquanto em 7 artigos tem-se a variável com duas alternativas (aceitável ou inaceitável), e, por fim, em 1 único trabalho a escala adotada da variável não é explicada.

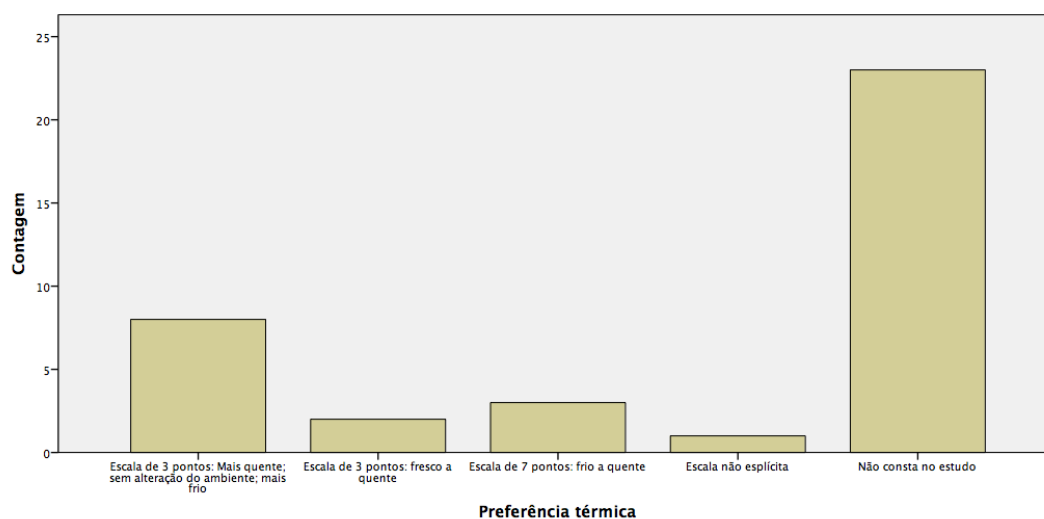


Figura 33 – Preferência térmica presente nos artigos científicos

Após evidenciar as variáveis dispostas no protocolo de avaliação subjetiva de ambiente térmico da norma ISO 10551 (1995), verificou-se que alguns questionários utilizavam variáveis que se referiam a perguntas adicionais referentes ao ambiente térmico em análise. Dentre tais variáveis, se destacam a: percepção/sensação da temperatura do ar; preferência da temperatura do ar;

percepção/sensação da umidade; preferência da umidade; percepção/sensação da radiação solar; preferência da radiação solar; percepção/sensação da velocidade do ar; preferência da velocidade do ar. Nesse sentido, é importante destacar cada uma delas assim como a frequência que elas ocorreram e o tipo de escala Likert adotada. Assim, a Figura 34 exibe a percepção da temperatura relacionada aos artigos estudados.

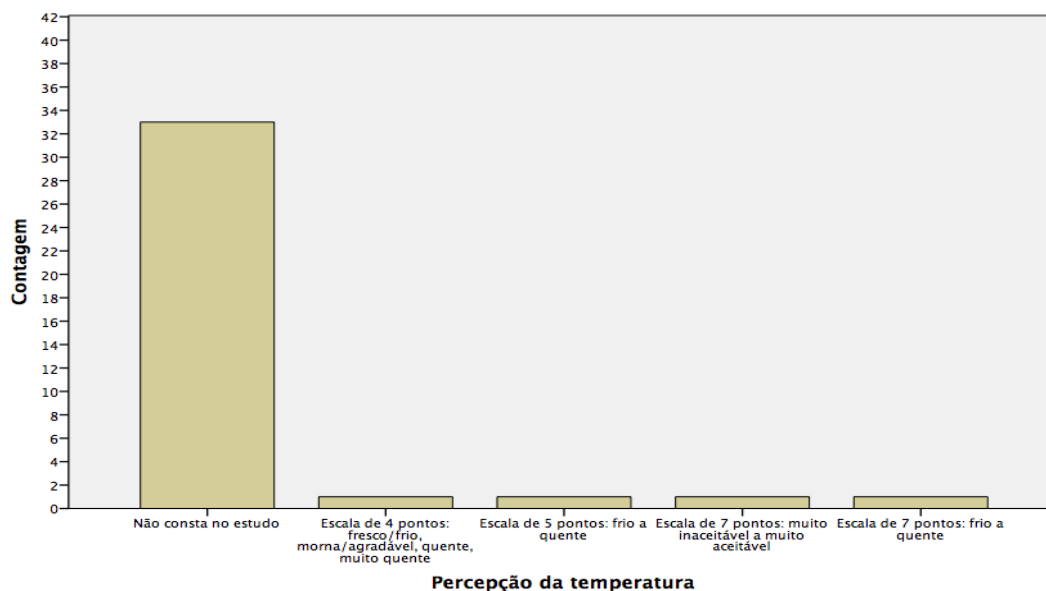


Figura 34 – Percepção da temperatura do ar presente nos artigos científicos

A visualização da Figura 34 permite concluir que praticamente nenhum estudo aborda a percepção da temperatura do ar do indivíduo arguido perante o ambiente investigado, a salvo pouquíssimos estudos que utilizam escalas de 4, 5 e 7 pontos. Paralelamente a isso, verificou-se quais estudos indagam a preferência da temperatura do ar dos indivíduos, conforme é evidenciado na Figura 35.

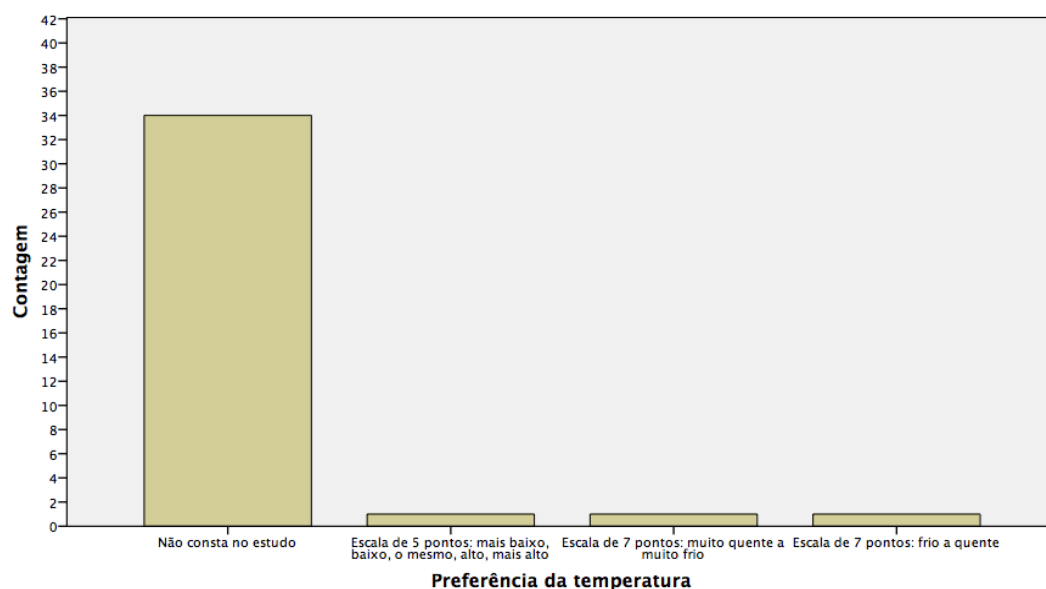


Figura 35 – Preferência da temperatura do ar presente nos artigos científicos

A Figura 35 permite tecer uma conclusão semelhante a variável de percepção/preferência da temperatura do ar: grande maioria dos trabalhos não abordam a variável em questão, e os poucos que abordam concentram-se em uma escala de 5 ou 7 pontos. Sequencialmente, a Figura 36 mostra a existência da percepção do vento (velocidade do ar) nas publicações científicas.

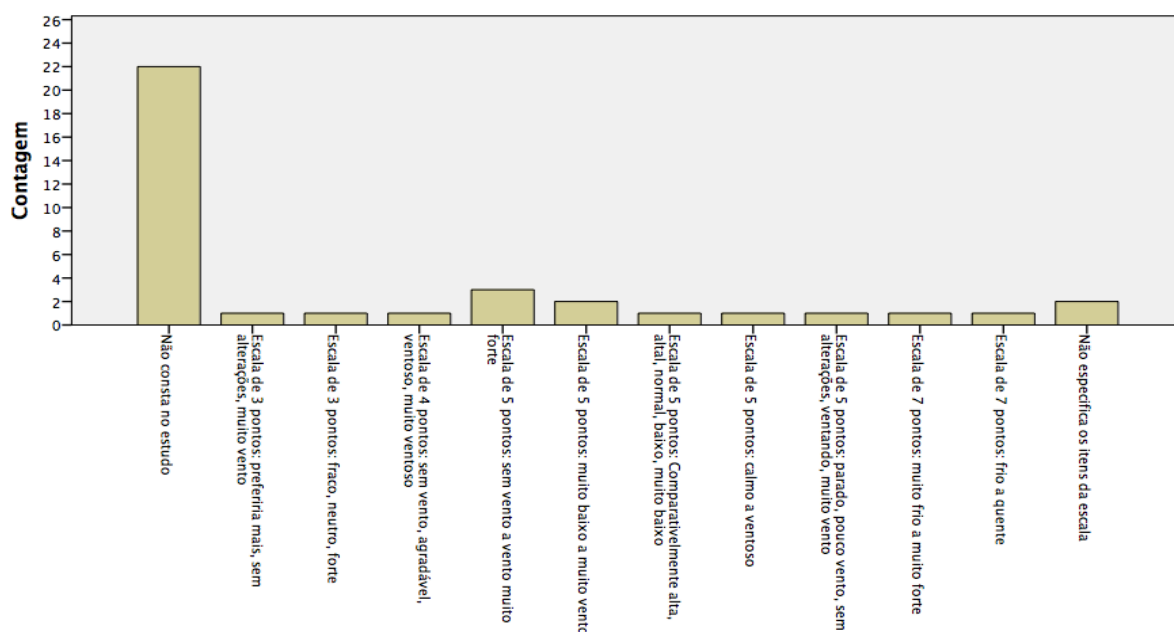


Figura 36 – Percepção do vento presente nos artigos científicos

A Figura 36 exibe que a maioria dos trabalhos não possuem a variável citada em seus questionários, por outro lado, os artigos que se debruçam nessa questão, concentram-se em escalas de 3, 5, 4 e 7 pontos. Constata-se assim que não há uma linearidade entre tais artigos, tendo em vista que as escalas para respostas são variadas. Seguidamente, a Figura 37 revela quais os estudos que relatam a preferência do vento em seus questionários.

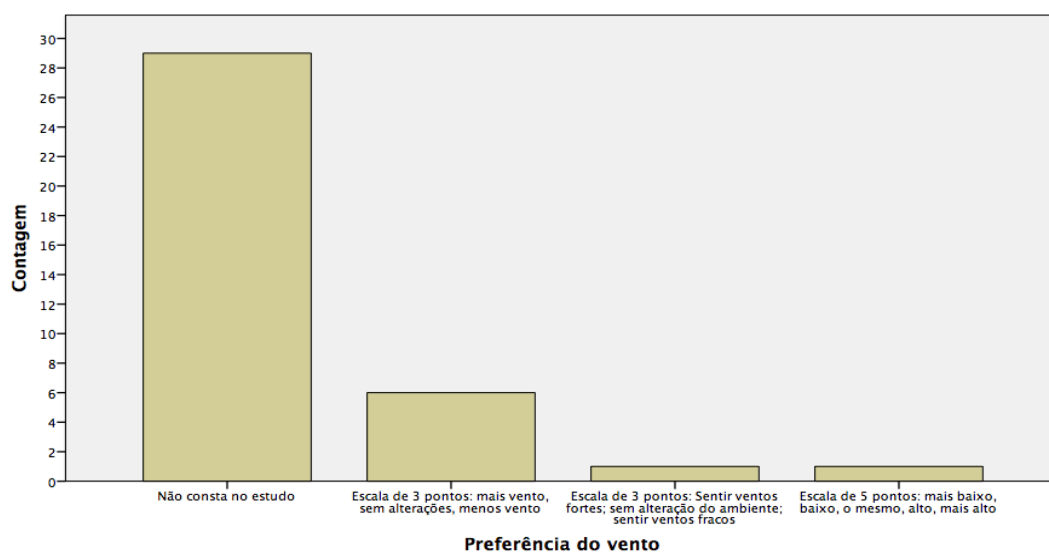


Figura 37 – Preferência do vento presente nos artigos científicos

Diante da Figura 37, observa-se que a grande maioria dos artigos científicos não questionam os indivíduos sobre a preferência do vento, sendo esse um número maior do que os artigos que buscam informações sobre a percepção do vento. Ademais, os artigos que abordam essa medida estão divididos em respostas personificadas em escalas de 3 ou 5 pontos. Posteriormente, a Figura 38 exibe quais os artigos que relatam a percepção de radiação solar.

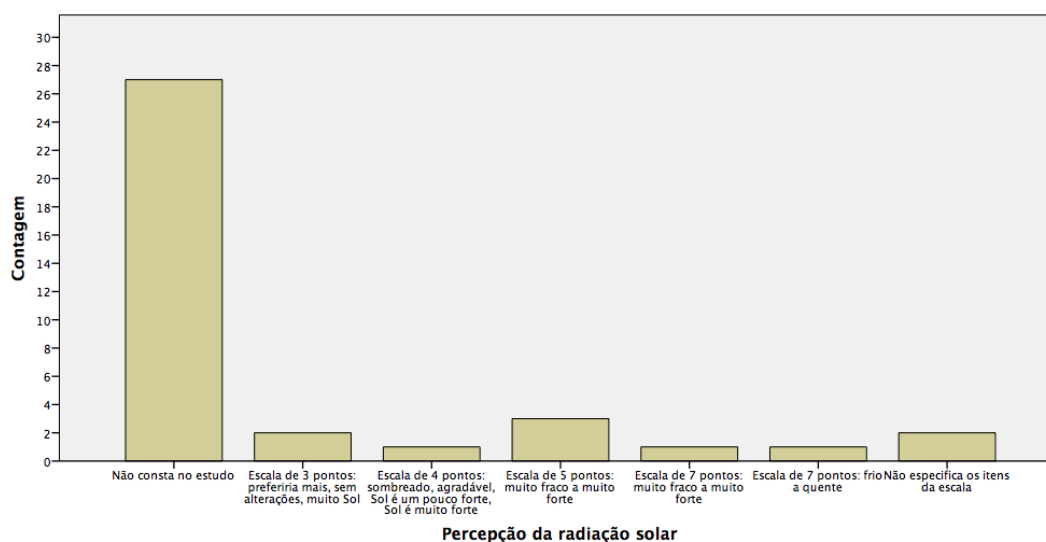


Figura 38 – Percepção da radiação solar presente nos artigos científicos

Observando a Figura 38, nota-se que a maioria dos artigos científicos não possuem uma pergunta que busque saber a percepção da radiação solar dos indivíduos sobre o ambiente em questão, porém os que o fazem possuem respostas em escalas de 3, 4, 5 e 7 pontos. Em sintonia a essa questão, a Figura 39 expressa quais os artigos que relatam a preferência da radiação solar por parte dos indivíduos.

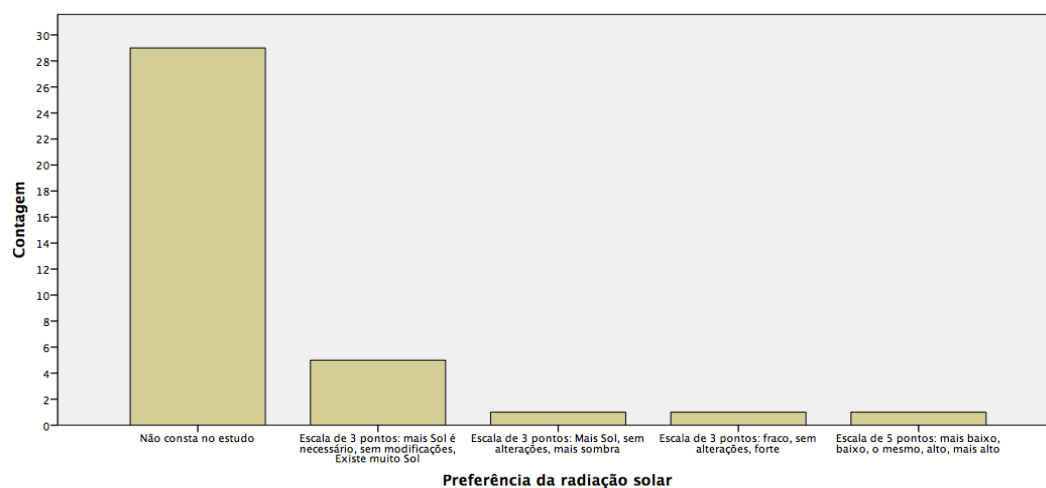


Figura 39 – Preferência da radiação solar presente nos artigos científicos

A Figura 39 demonstra que a maioria dos artigos científicos não questiona a preferência da radiação solar dos indivíduos, resultado que está em ressonância com a variável percepção da radiação solar. Os poucos trabalhos que abordam a preferência da radiação solar possuem respostas em escalas de 3 e 5 pontos. Prontamente, a Figura 40 esboça quais os artigos que descrevem a percepção da umidade por parte dos indivíduos.

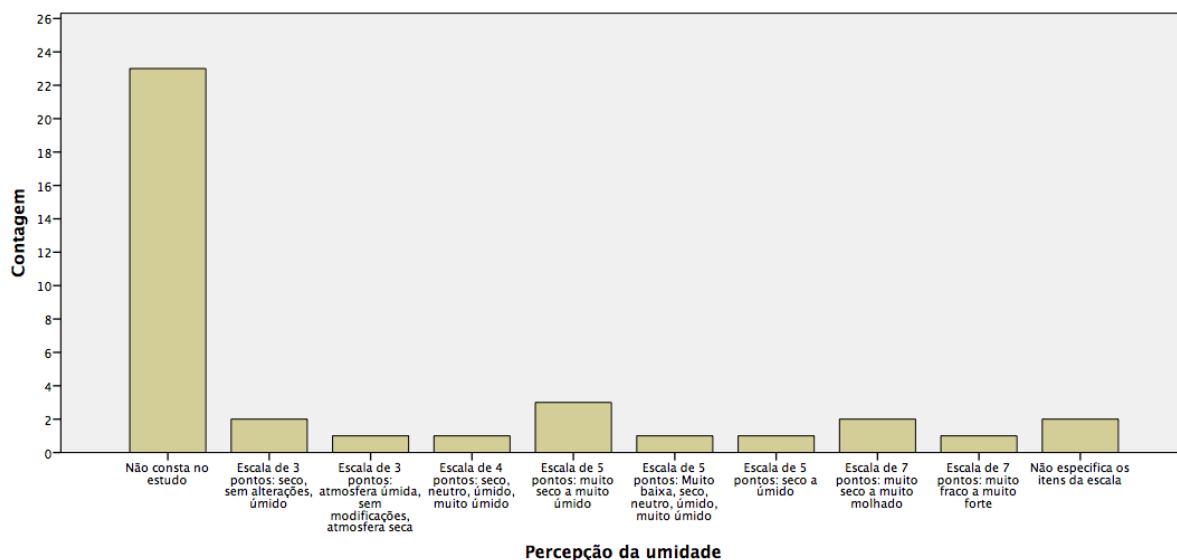


Figura 40 – Percepção da umidade presente nos artigos científicos

De acordo com o gráfico exibido na Figura 40, constata-se que grande parte dos artigos científicos não indaga a percepção da umidade por parte dos indivíduos, existindo poucos trabalhos que abordam tal questão, a partir de respostas em escalas de 3, 4, 5 e 7 pontos. Em seguida pode-se verificar quais artigos possuem em seu escopo a preferência da umidade por parte dos indivíduos, conforme ilustra a Figura 41.

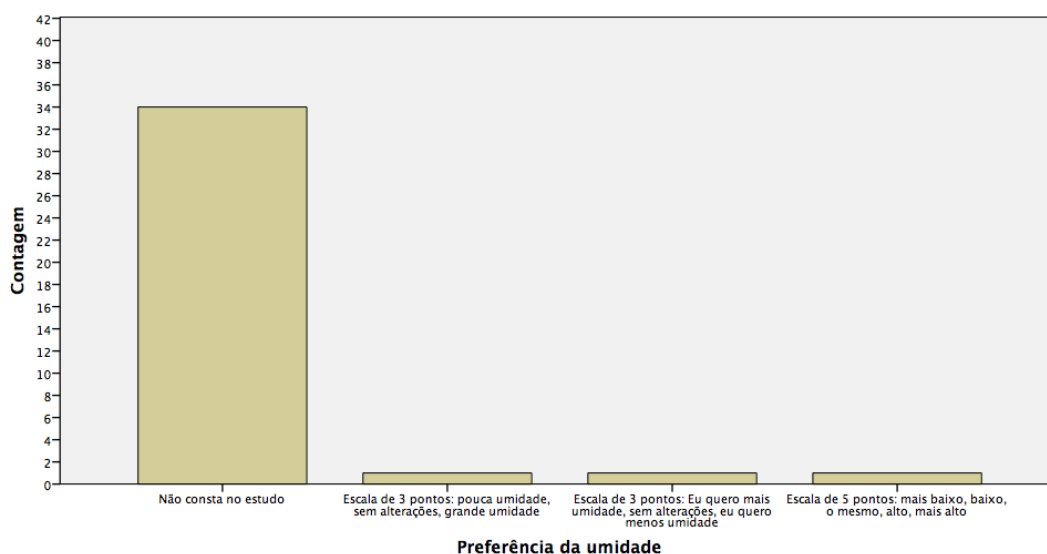


Figura 41 – Preferência da umidade presente nos artigos científicos

A Figura 41 exibe que praticamente todos os estudos não questionam a preferência da umidade perante aos indivíduos, existindo apenas três artigos que fazem esse questionamento, utilizando escalas Likert de 3 e 5 pontos. Diante da elucidação das variáveis encontradas nas publicações, pode-se dar início a estruturação e definição do questionário.

5.3.2 Estruturação e definição do questionário

Diante das análises efetuadas na subseção anterior sobre as principais variáveis presentes nos questionários, elaborou-se um instrumento de pesquisa que tem o enfoque em ambientes externos, ou seja, ambientes abertos. Assim, o questionário foi dividido em três grandes dimensões, sendo elas: Dados demográficos; Questões relacionadas ao estado térmico descrito na ISO 10551 (1995); e Questões adicionais relativas ao ambiente externo. Após o desenvolvimento do questionário e discussão com os gestores da empresa, realizou-se um pré-teste com alguns trabalhadores com a finalidade de verificar se as questões estavam descritas de forma com que esses pudessem entender e responder claramente, e se as respostas obtidas estivessem em sintonia com as proposições delineadas. Como não houve quaisquer problemas nessa aplicação, fez-se a efetivação do questionário para aplicação nos trabalhadores, a salvo de algumas modificações que serão explanadas posteriormente. Com o intuito de melhor elucidar as questões demográficas adotadas, apresenta-se a Tabela 14.

Tabela 14 – Questões relacionadas a dados demográficos

Parâmetros demográficos	Questionamento	Caracterização das respostas
Sexo	Qual é o seu sexo?	Duas alternativas: (0) Masculino; (1) Feminino
Idade	Qual a sua data de nascimento?	Resposta quantitativa, compreendida em três fatores: Dia, Mês e Ano
Altura	Qual a sua altura?	Resposta quantitativa, mensurada em metros, contendo duas casas decimais em centímetros
Peso	Qual a seu peso?	Resposta quantitativa, mensurada em quilos, contendo duas casas decimais em gramas
Vestimenta	Quais os seus tipos de vestimenta?	Resposta nominal, compreendida de acordo com o que o trabalhador está vestindo
Tempo de residência	Qual o tempo que você reside na cidade?	Resposta quantitativa, mensurada em anos
Tempo na empresa	Há quanto tempo você atua na empresa?	Resposta quantitativa, mensurada em meses
Atividade desempenhada	Qual a atividade que você desempenha atualmente?	Resposta nominal, compreendida entre as atribuições existentes na empresa
Horas trabalhadas no setor	Em média, quantas horas você trabalha semanalmente?	Resposta quantitativa, mensurada em horas de trabalho
Frequência no local	Em média, por quanto tempo você está nesse local?	Resposta quantitativa, mensurada em minutos
Problema de saúde	Você possui algum problema de saúde? Se sim, qual?	Duas alternativas: (0) Sim; (1) Não. Caso a resposta seja “Sim”, tem-se um novo questionamento com a resposta nominal, compreendida entre as possíveis doenças existentes, de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID)

A Tabela 14 ilustra os questionamentos e a característica das respostas esperadas, nas quais estão majoritariamente em sintonia com as variáveis apresentadas na Figura 30. Contudo, foi necessário realizar algumas modificações, tais como:

- O parâmetro “Tempo estimado gasto no exterior” não foi introduzido no questionário, tendo em vista que todo o trabalho realizado é em ambiente aberto, ou seja, no ambiente externo. Sendo assim, utilizou-se uma modificação no parâmetro “Frequência/explicação no local” para saber o tempo que o trabalhador está exposto ao ambiente em estudo;
- O parâmetro “Nível de atividade realizada” foi modificado para “Atividade realizada” dado que na empresa objeto de estudo, tem-se diferentes funções dos trabalhadores, assim tornou-se necessário saber qual é sua função para delinear a característica de sua atividade;
- Acrescentou-se dois parâmetros: “Tempo na empresa” e “Horas trabalhadas no setor”. Isso decorreu da necessidade de verificar outros fatores relacionados a empresa que podem ter alguma relação com a resposta dos trabalhadores mediante a aplicação do questionário.

Posteriormente, adotaram-se os questionamentos utilizados na ISO 10551 (1995) tendo em conta que as indagações ajudam a caracterizar o ambiente além de serem utilizadas maciçamente nas publicações encontradas. Assim, a Tabela 15 exhibe tais indagações.

Tabela 15 – Questões relacionadas ao estado térmico descritos na ISO 10551 (1995)

Parâmetros do estado térmico	Questionamento	Escala de mensuração
Sensação térmica	Como você está se sentindo no presente momento? Com...	Escala de 7 pontos: (-3) Muito frio; (-2) Frio; (-1) Um pouco de frio; (0) Nem frio e nem calor; (1) Um pouco de calor; (2) Calor; (3) Muito calor
Conforto térmico (avaliação efetiva)	Como você se sente? Me sinto...	Escala de 4 pontos: (0) Confortável; (1) Um pouco desconfortável; (2) Desconfortável; (3) Muito desconfortável
Preferência térmica	Como você preferiria estar se sentindo? Com...	Escala de 7 pontos: (-3) Muito frio; (-2) Frio; (-1) Um pouco de frio; (0) Nem frio e nem calor; (1) Um pouco de calor; (2) Calor; (3) Muito calor
Aceitabilidade pessoal	Levando em consideração apenas sua preferência pessoal, você aceitaria esse ambiente?	Duas alternativas: (0) Sim; (1) Não
Tolerância térmica	Esse ambiente na sua opinião é?	Escala de 5 pontos: (0) Perfeitamente tolerável; (1) Um pouco difícil de se tolerar; (2) Razoavelmente difícil de se tolerar; (3) Bastante difícil de se tolerar; (4) Intolerável

A Tabela 15 ilustra os questionamentos por intermédio de cinco parâmetros, sendo extraídos da norma ISO 10551 (1995). Em contrapartida, deve-se esclarecer duas situações:

- O parâmetro “Tolerância térmica” não foi encontrado nas publicações, porém foi mantido no questionário dado que há uma maior possibilidade de estresse térmico no ambiente externo diante as inúmeras intempéries climáticas na qual os trabalhadores são vulneráveis;
- As escalas Likert adotadas seguem o exemplo padrão da ISO 10551 (1995), o mesmo ocorrendo na resposta de dualidade (Sim ou Não) para o parâmetro aceitabilidade pessoal.

Em seguida, fez-se os questionamentos em relação as questões adicionais relativas ao ambiente externo, conforme pode ser observado na Tabela 16.

Tabela 16 – Questões adicionais relativas ao ambiente externo

Parâmetros do estado térmico	Questionamento	Escala de mensuração
Percepção em relação a temperatura do ar	Qual a sua percepção em relação a temperatura do ar?	Escala de 5 pontos: (-2) Muito baixa; (-1) Baixa; (0) Nem baixa e nem alta; (1) Alta; (2) Muito alta
Modificação em relação a temperatura do ar	Se pudesse modificar a intensidade da temperatura do ar, você a deixaria...	Escala de 5 pontos: (-2) Bem menor; (-1) Menor; (0) Não alteraria; (1) Maior; (2) Bem maior
Percepção em relação a umidade do ar	Qual a sua percepção em relação a umidade do ar?	Escala de 5 pontos: (-2) Muito baixa; (-1) Baixa; (0) Nem baixa e nem alta; (1) Alta; (2) Muito alta
Modificação em relação a umidade do ar	Se pudesse modificar a intensidade da umidade do ar, você a deixaria...	Escala de 5 pontos: (-2) Bem menor; (-1) Menor; (0) Não alteraria; (1) Maior; (2) Bem maior
Percepção em relação a radiação solar	Qual a sua percepção em relação a radiação solar?	Escala de 5 pontos: (-2) Muito baixa; (-1) Baixa; (0) Nem baixa e nem alta; (1) Alta; (2) Muito alta
Modificação em relação a radiação solar	Se pudesse modificar a intensidade da radiação solar, você a deixaria...	Escala de 5 pontos: (-2) Bem menor; (-1) Menor; (0) Não alteraria; (1) Maior; (2) Bem maior
Percepção em relação a velocidade do vento	Qual a sua percepção em relação a velocidade do vento?	Escala de 5 pontos: (-2) Muito baixa; (-1) Baixa; (0) Nem baixa e nem alta; (1) Alta; (2) Muito alta
Modificação em relação a velocidade do vento	Se pudesse modificar a intensidade da velocidade do vento, você a deixaria...	Escala de 5 pontos: (-2) Bem menor; (-1) Menor; (0) Não alteraria; (1) Maior; (2) Bem maior

Mediante as informações contidas na Tabela 16, pode-se constatar que as perguntas estão debruçadas sobre a percepção dos trabalhadores da temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do vento, além de indagar possíveis modificações que eles fariam na intensidade de tais variáveis. Deve-se ressaltar que as respostas estão segmentadas em uma escala Likert de cinco opções, sendo padronizadas para as perguntas de percepção e para as perguntas de intensidade. Finalizado o questionário e realizado seu pré-teste, deu-se início a aplicação do mesmo.

5.3.3 Resultados e discussão da aplicação dos questionários e das mensurações dos parâmetros ambientais

Antes da aplicação do questionário, buscou-se quantificar o número de trabalhadores que estavam presentes no ambiente, com a finalidade de obter uma amostragem probabilística que represente estatisticamente a população existente no ambiente em estudo, adotou-se a Equação IV, com o intuito de se obter o mínimo de trabalhadores da construção para compor o estudo.

$$n = \frac{N_{pq}^2 [Z_{\alpha/2}]^2}{\hat{p}\hat{q}[Z_{\alpha/2}]^2 + (N - 1)E^2} \quad (\text{IV})$$

Onde:

N = tamanho da população;

\hat{p} = valor da proporção amostral;

\hat{q} = valor do estimador amostral baseado no valor de \hat{p} ;

$Z = \alpha/2$ valor de z para vários níveis de confiança (α);

E = erro amostral;

n = tamanho da amostra.

Como o valor estatístico de \hat{q} não é conhecido, deve-se atribuir seu valor mediante a $\hat{q} = 1 - \hat{p}$ (LEVY e LEMESHOW, 2008). Contudo, o valor de \hat{p} também não é conhecido, o que ocasiona a adoção de $\hat{p} = 0,5$ tendo em vista que esse número oferece o maior tamanho da amostra de qualquer valor possível de \hat{p} sem superestimar ou subestimar o espaço amostral (JOHNSON e KUBY, 2008). Já no tocante ao erro padrão, adotou-se $E = 5\%$ (0,05) de acordo com os preceitos de que "a margem de erro desejada para estimar uma proporção da população é quase sempre 0,10 ou menos" (SWEENEY, WILLIAMS e ANDERSON, 2014, p. 337). Ademais, o valor do intervalo de confiança foi de 95% que equivale a um valor de 1,96 de acordo com a tabela da distribuição normal padronizada. "A escolha de 95% é a mais comum porque proporciona um bom equilíbrio entre precisão (como refletido na largura do intervalo de confiança) e confiabilidade (como expresso pelo nível de confiança)" (TRIOLA, 2012, p. 326).

Como os três Prédios investigados possuíam características semelhantes e estavam na fase de acabamento, haviam poucos trabalhadores atuando no ambiente em estudo. Em sintonia a isso, ressalta-se que todas as aplicações dos questionários foram realizadas em um mesmo pavimento, ou seja, um mesmo ambiente. Diante disso, a Tabela 17 evidencia tal quantificação de trabalhadores para aplicação do questionário.

Tabela 17 – Quantificação do número de trabalhadores entre os prédios para aplicação do questionário

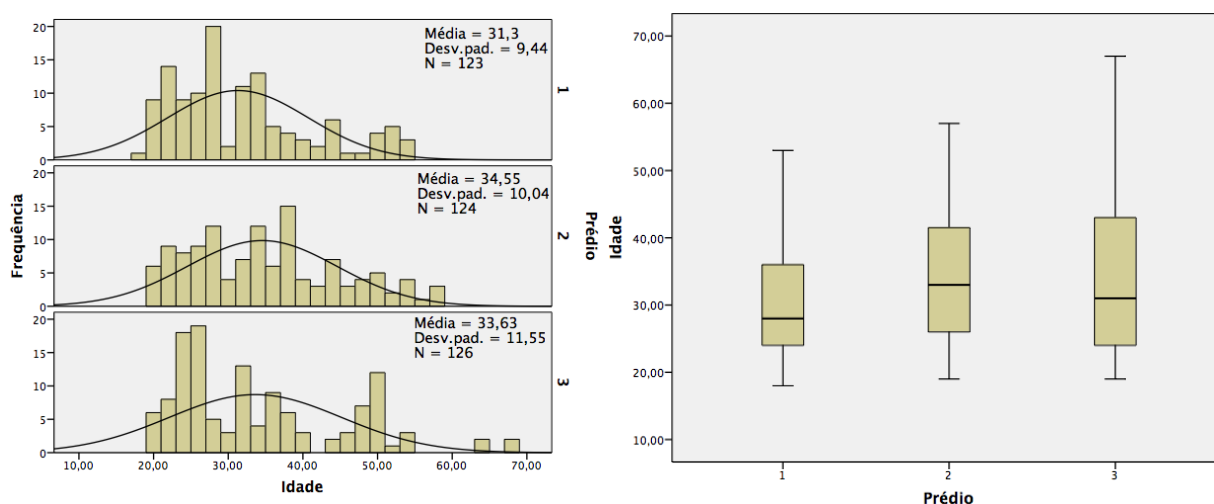
Prédio	Número médio de trabalhadores no ambiente por turno	Número médio de trabalhadores que compõem a amostra por turno	Total de trabalhadores indagados durante quatro dias
1	16	16	123
2	17	16	124
3	17	17	126

Conforme pode ser observado na Tabela 17, o número de amostras foi praticamente o número de trabalhadores no ambiente, tendo em vista que para se obter rigor estatístico que possibilite realizar análises inferenciais, é necessário seguir um rigoroso cálculo amostral já referido na Equação IV. Por fim, constata-se que se obteve um total de 373 amostras, ou seja, 373 respostas obtidas por intermédio do questionário. Inicialmente, com a finalidade de analisar as variáveis contínuas, elaborou-se um histograma de frequências para cada uma delas adicionado ao *boxplot* para comparar o comportamento dos dados. Além disso, realizou-se testes não-paramétricos da Mediana e de Kruskal-Wallis para verificar sequencialmente a mediana e a distribuição dos dados. Evidencia-se que algumas variáveis em estudo não foram analisadas minuciosamente, pois as respostas obtidas estavam em perfeita equalização, o que torna a caracterização desnecessária. Nesse sentido, a Tabela 18 evidencia tais variáveis.

Tabela 18 – Respostas obtidas de forma equalizada

Variáveis	Justificativa para ausência de análise minuciosa
Sexo	Todos os trabalhadores são do sexo masculino
Vestimenta	Todos os trabalhadores apresentavam a mesma vestimenta, tendo em vista que a empresa possui uma roupa específica padronizada que eles são obrigados a utilizar
Atividade desempenhada	Todos os trabalhadores são serventes de pedreiro
Horas trabalhadas no setor	Todos trabalhadores desempenhavam a mesma carga horária laboral, sendo um total de 44 horas por semana
Frequência no local	Todos estavam acima de 30 minutos no local do trabalho, ou seja, já estavam aclimatizados com o ambiente em estudo
Problema de saúde	Nenhum trabalhador relatou problemas de saúde que se enquadrem no CID

Mediante as informações mostradas na Tabela 18, verifica-se que embora algumas variáveis tenham remetido a mesma resposta, a maioria das questões obtiveram respostas variadas. Diante disso, a Figura 42 exibe o histograma de frequências e *boxplot* da variável Idade para cada prédio.

Figura 42 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Idade entre os prédios

Diante dos histogramas de frequências da Figura 42, nota-se que os Prédios 1 e 2 possuem maior semelhança, destacando-se que no Prédio 3 houveram trabalhadores acima de 60 anos entrevistados, o que não ocorre nos dois primeiros prédios estudados. Porém, a frequência das amplitudes varia entre os três prédios. Os *boxplots* esclarecem que a variável Idade possui variação das medianas entre os prédios, nas quais ficam próximas a faixa etária de 30 anos. Ademais, fez-se o teste das medianas que verificou um valor de significância de 0,017 confirmando a tese de que as medianas da variável Idade não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Por fim, o teste de Kruskal-Wallis apresentou um valor de significância de 0,035 o que rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Idade são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$). Consequencialmente, a Figura 43 apresenta a análise da variável Altura.

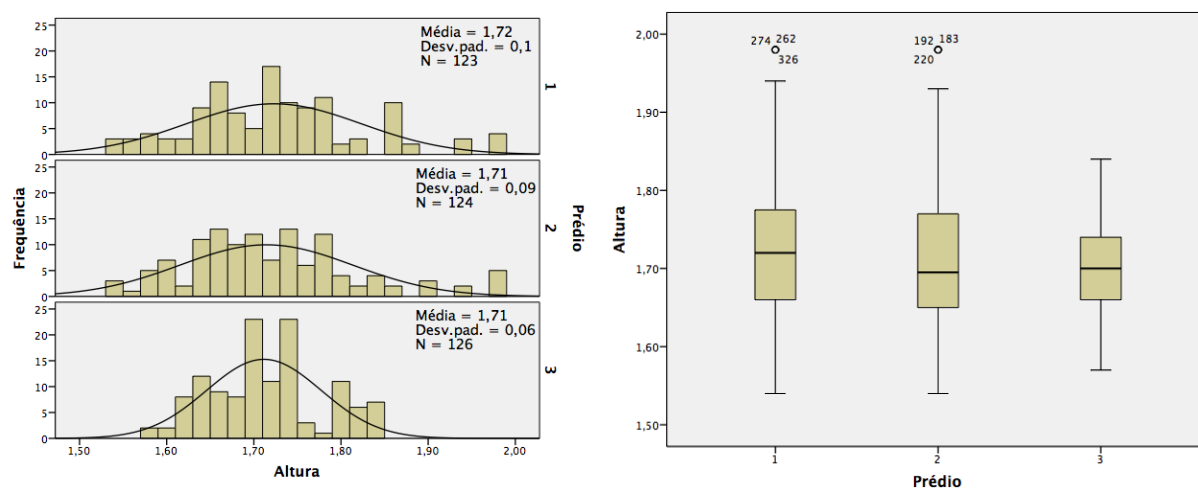


Figura 43 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Altura entre os prédios

A partir da Figura 43 nota-se que os Prédios 1 e 2 denotam grande conformidade entre eles o que não ocorre no Prédio 3, dado que esse possui trabalhadores com altura mais concentrada entre 1,60m há 1,90m o que diminui o valor do desvio-padrão. Isso é refletido nos *boxplots*, no qual o Prédio 1 e 2 têm maiores valores de limites internos além de apresentar dados atípicos moderados, embora as medianas se assemelhem no mesmo nível. Além disso, o teste das medianas apurou um valor de significância de 0,408 mantendo a hipótese nula, ou seja, assegurando que as medianas da variável Idade são iguais entre os diferentes prédios ($p > 0,05$). Subsequentemente, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,689 o que mantém a hipótese nula de que as distribuições da variável Idade são semelhantes entre os prédios ($p > 0,05$). No tocante a variável Peso, a Figura 44 mostra o esboço gráfico.

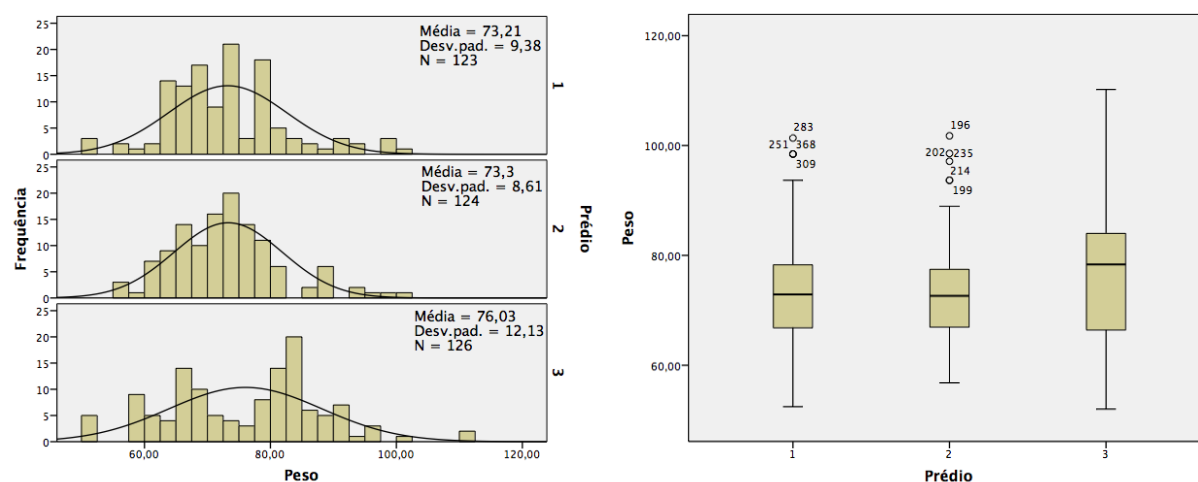


Figura 44 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Peso entre os prédios

A partir dos histogramas de frequências da Figura 44, nota-se que os Prédios 1 e 2 possuem maior semelhança na distribuição dos pesos o que não ocorre no Prédio 3 tendo em vista que o histograma desse prédio é bimodal. Tal aspecto é ratificado pela maior média e desvio-padrão do Prédio 3.

Isso é refletido nos *boxplots*, no qual o Prédio 1 e 2 têm maiores valores de limites internos além de apresentar dados atípicos, embora nenhum deles seja extremo. Outrossim, o teste das medianas apurou um valor de significância de 0,286 na qual assegura a hipótese nula, ou seja, ratifica que as medianas da variável Idade são iguais entre os diferentes prédios ($p>0,05$). Posteriormente, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,022 o que rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Idade são semelhantes entre os prédios ($p<0,05$), ou seja, as distribuições são distintas. Sabendo do Peso e da Altura dos trabalhadores, pode-se calcular o Índice de Massa Corporal (IMC) na qual a Figura 45 mostra o esboço gráfico dessa variável.

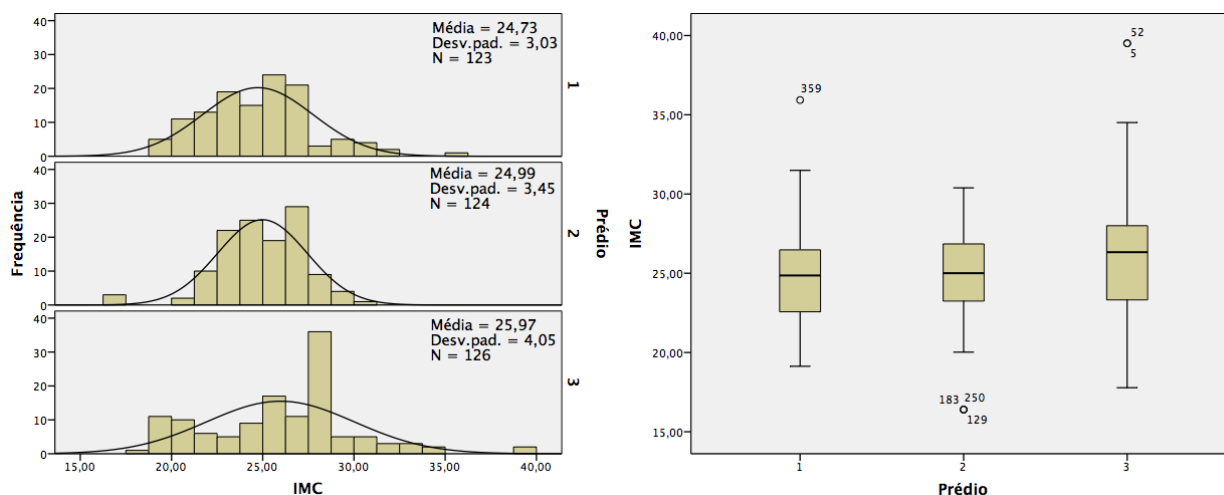


Figura 45 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável IMC entre os prédios

Segundo os histogramas de frequências na Figura 45, verifica-se que os Prédios 1 e 2 possuem diferenças em suas distribuições quando comparadas com o Prédio 3, nas quais são homologadas pelas variações dos desvio-padrão e da média. Em sintonia a isso, a média dos Prédios 1 e 2 são mais próximas, aspecto é ratificado pela maior média e desvio-padrão do Prédio 3. Paralelamente, esse fato é refletido nos *boxplots* no qual o Prédio 1 e 2 têm menores valores de limites internos além de apresentarem maior semelhança no valor da mediana quando comparados com o Prédio 3. O teste das medianas constatou um valor de significância de 0,202 mantendo a hipótese nula, ou seja, assegurando que as medianas da variável IMC são iguais entre os diferentes prédios ($p>0,05$). Seguidamente, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,002 o que rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável IMC são semelhantes entre os prédios ($p<0,05$), ou seja, as distribuições são distintas. No tocante a variável Tempo de residência, a Figura 46 mostra o esboço gráfico.

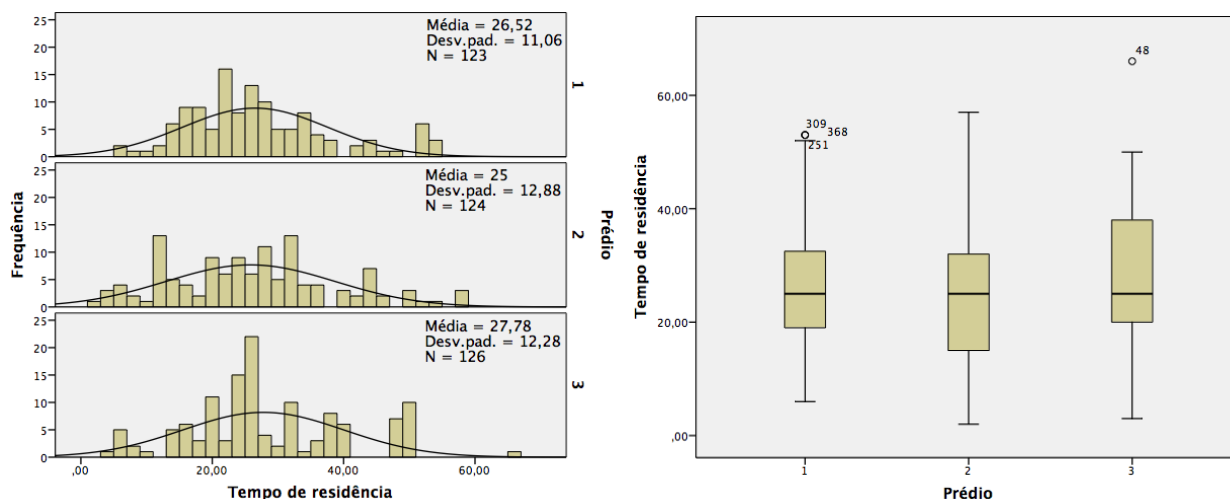


Figura 46 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Tempo de Residência entre os prédios

De acordo com a Figura 46, verifica-se que os Prédios possuem distribuições semelhantes devido a curvatura devido ao achatamento da distribuição, porém nota-se diferenças nas modas dos histogramas embora há concentração dessas permeia a faixa de 20 a 40 anos de residência. Os *boxplots*, por sua vez, possuem medianas semelhantes, apesar de variarem em seu comprimento de acordo com a distribuição das respostas. Ademais, o teste das medianas constatou um valor de significância de 0,671 o que mantém a hipótese nula, ou seja, garante que as medianas da variável Tempo de residência são iguais entre os diferentes prédios ($p > 0,05$). Em seguida, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,463 o que também mantém a hipótese nula de que as distribuições da variável Tempo de residência são semelhantes entre os prédios ($p > 0,05$), ou seja, as distribuições são semelhantes. Em seguida, a Figura 47 relata informações gráficas sobre a variável tempo de atividade na indústria.

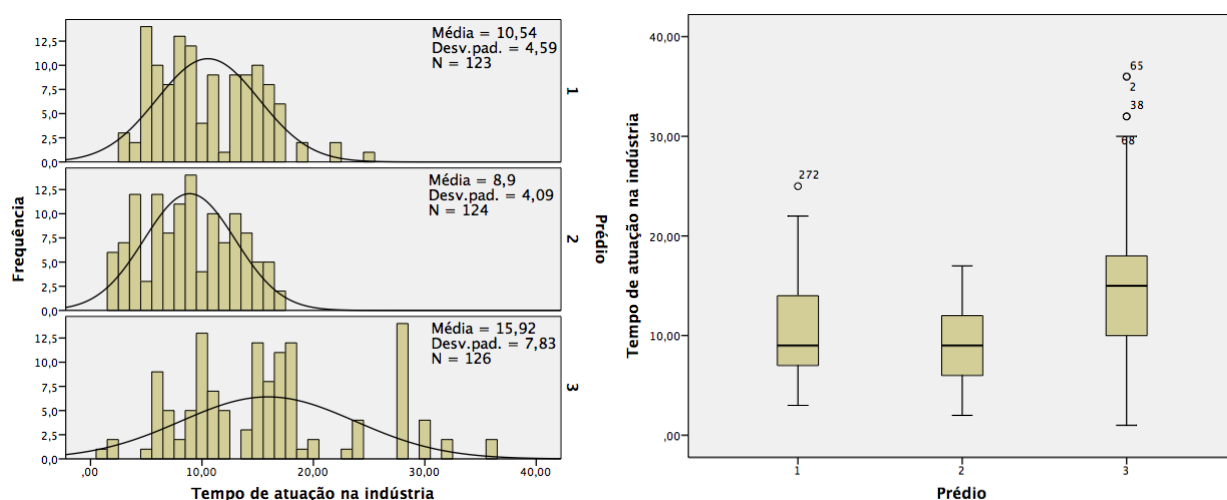


Figura 47 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Tempo de Atuação na Indústria entre os prédios

Mediante aos histogramas de frequências apresentados na Figura 47, averigua-se que os Prédios 1 e 2 possuem distribuições semelhantes, o que se difere do Prédio 3. A explicação para isso é que os trabalhadores do Prédio 1 atuam na indústria da construção no máximo há 20 meses e os trabalhadores do Prédio 2 trabalham no máximo a 25 meses, enquanto os trabalhadores no Prédio 3 atuam no setor por diferentes períodos, chegando no máximo a 40 meses de trabalho. Diante disso, o histograma do Prédio 3 apresenta grande dispersão e a curvatura da distribuição é menos acentuada, ou seja, mais baixa se comparada aos outros dois prédios. Os *boxplots*, revelam que os Prédios 1 e 2 possuem uma mediana semelhante, embora seu comprimento seja diferente devido a maior amplitude do Prédio 1. Já o *boxplot* do Prédio 3 é maior tendo em vista que os dados estão mais dispersos. Além disso, o teste das medianas constatou um valor de significância de 0,0 o que rejeita a hipótese nula, ou seja, as medianas da variável não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Posteriormente, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,0 o que também rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Tempo de atuação na indústria são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, as distribuições não são semelhantes. Por conseguinte, tem-se a caracterização das variáveis ambientais mensuradas, nas quais são a Temperatura (representada pela temperatura do bulbo seco, bulbo úmido e do globo), Umidade e velocidade do ar (velocidade do vento). Ressalta-se que para o presente estudo houve mensurações da radiação solar. Assim, a Figura 48 exhibe informações referentes a variável de temperatura do bulbo seco.

A Figura 48 mostra os histogramas de frequências da Temperatura do bulbo seco, nos quais relatam que os Prédios possuem distribuições totalmente diferentes, embora as médias de cada um sejam próximas. O Prédio 1 possui a característica bimodal, enquanto o Prédio 2 se assemelha a uma distribuição multimodal, nos quais ambos possuem grande dispersão dentre as temperaturas coletadas e um valor de desvio-padrão semelhante. O Prédio 2, por sua vez, possui uma grande concentração de dados devido a esses se concentrarem em uma faixa entre 26 a 27°C, com baixo desvio-padrão. Pode-se explicar isso pelas temperaturas durante as coletas, pois nos Prédios 1 e 3 houve uma maior variação da temperatura do bulbo seco, o que não ocorreu no Prédio 2. Esses resultados espelham-se nos *boxplots*, dado que eles possuem características totalmente diferentes, tais como a mediana e o comprimento. Em sintonia a isso, o teste das medianas verificou um valor de significância de 0,0 o que rejeita a hipótese nula, ou seja, as medianas da variável não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Da mesma forma, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,0 o que também rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Temperatura do bulbo seco são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, as distribuições não são semelhantes. A posteriori, a Figura 49 exhibe informações relativas a variável de termômetro de bulbo úmido.

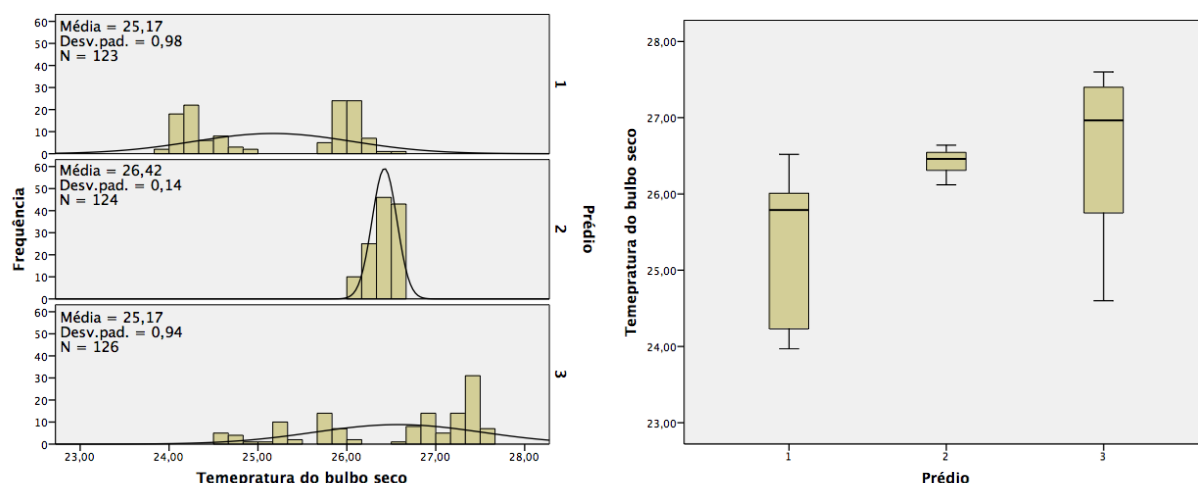


Figura 48 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Temperatura do bulbo seco entre os prédios

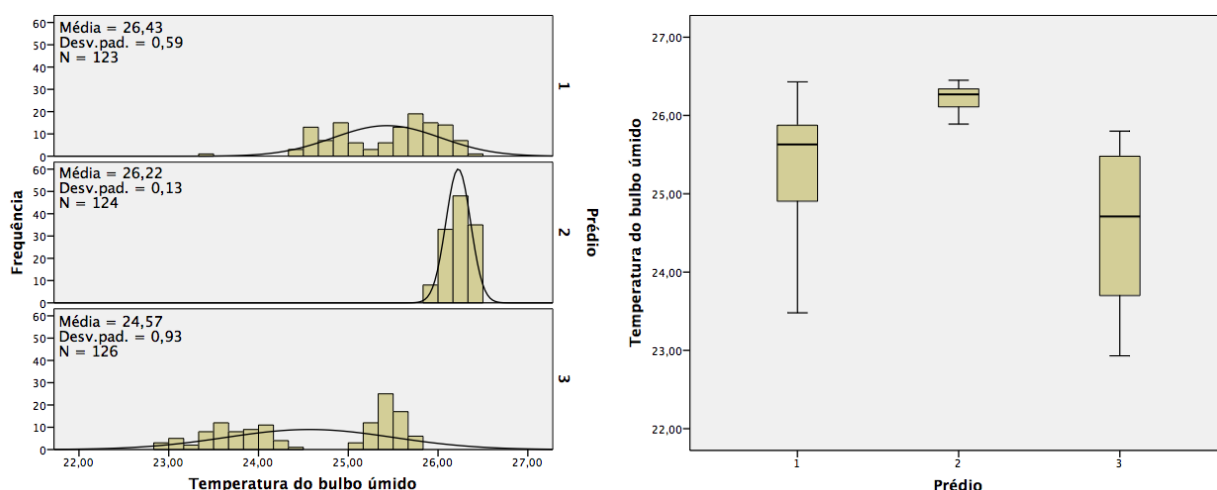


Figura 49 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Temperatura de bulbo úmido entre os prédios

Observando a Figura 49, os histogramas de frequências da variável Temperatura do bulbo úmido possuem distribuições diferentes em todos os Prédios. O Prédio 3 possui a característica bimodal, o que também pode ser visualizado como uma tendência no Prédio 1. Já o Prédio 2 possui grande concentração de dados o que acarreta um baixo valor de desvio-padrão, além revelando-se unimodal. A explicação para isso é a diferença da amplitude da temperatura de bulbo úmido entre os dias. No Prédio 1 e 3 há grande amplitude de temperaturas enquanto no Prédio 2 a amplitude é baixa. Diante desse fato, os *boxplots* encontram-se com características diferentes, que pode ser denotada pelo comprimento e mediana de cada um deles. Sob o prisma inferencial, o teste das medianas verificou um valor de significância de 0,0 o que rejeita a hipótese nula, ou seja, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Da mesma forma, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,0 o que também rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, elas são diferentes. No mais, a Figura 50 exibe os dados relativos a variável temperatura de globo.

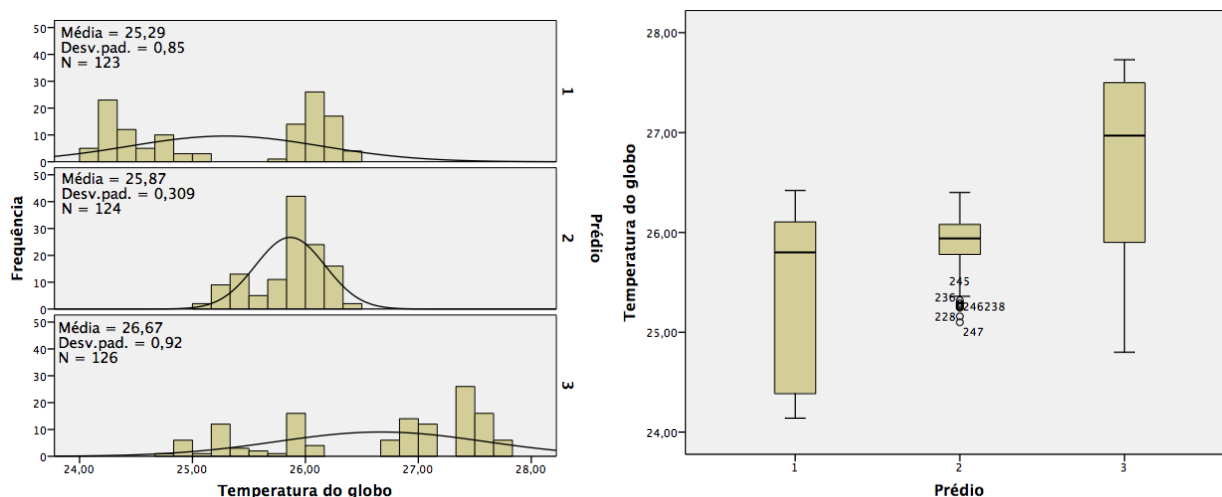


Figura 50 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Temperatura de globo entre os prédios

Diante da Figura 50, os histogramas de frequências da variável Temperatura de globo possuem distribuições distintas quando se observa os três Prédios. O Prédio 3 possui a característica bimodal, oscilando entre 24 a 26,5°C. O Prédio 2, por sua vez, possui grande concentração de dados entre 25 a 26,5°C que acarreta um valor de desvio-padrão bem menor do que comparado com o Prédio 1. No Prédio 3 há grande amplitude de temperaturas, o que pode ser ratificado por temperaturas dispersas entre 24,6 a 28°C. Diante desse fato, os *boxplots* encontram-se com características diferentes, que é constatado pelo comprimento e mediana de cada um deles, embora a mediana do Prédio 1 e 2 estejam mais alinhadas. Outrossim, o teste das medianas verificou um valor de significância de 0,0 o que rejeita a hipótese nula, isto é, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Paralelamente a isso, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,0 o que também rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, elas são diferentes. No mais, a Figura 51 exibe os dados relativos a variável umidade.

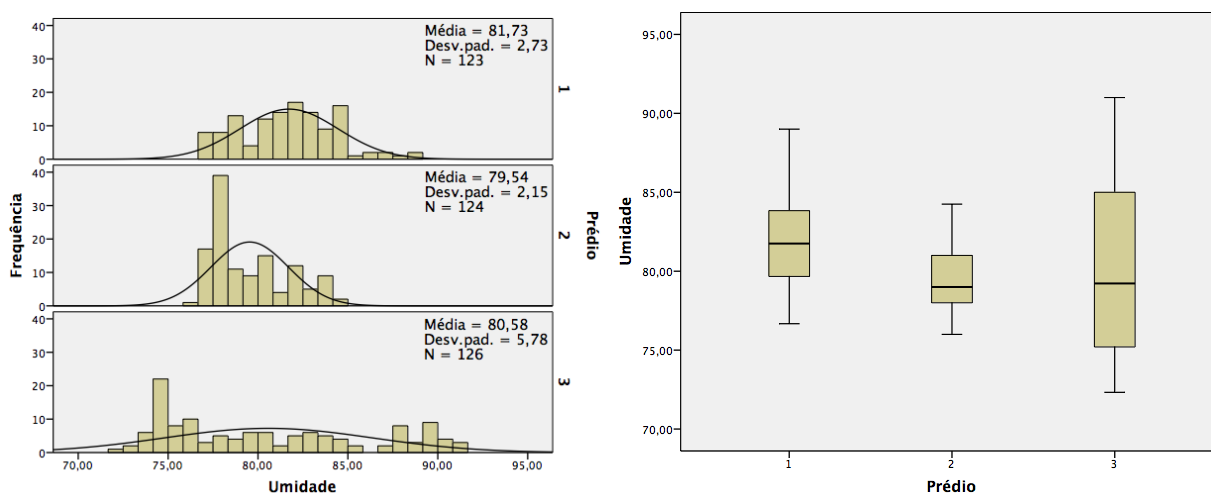


Figura 51 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Umidade

Os histogramas de frequências apresentados na Figura 51 relativos a variável Umidade mostram diferenças sensíveis na distribuição do Prédio 3 com relação ao Prédio 1 e 2. Isso pode ser constatado a partir dos valores do desvio-padrão dado que para o Prédio 1 e 2 os desvios são 2,731 e 2,158, enquanto para o Prédio 3 o valor do desvio é 5,782. Tal fato é ratificado na exibição dos *boxplots* tendo em vista que esses encontram-se com características diferentes, que pode ser denotada pelo comprimento e mediana de cada um deles. Ademais, o teste das medianas verificou um valor de significância de 0,0 o que rejeita a hipótese nula, ou seja, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Paralelamente a isso, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,0 o que também rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, elas são diferentes. Por fim, a Figura 52 exibe as informações relativas a velocidade do ar.

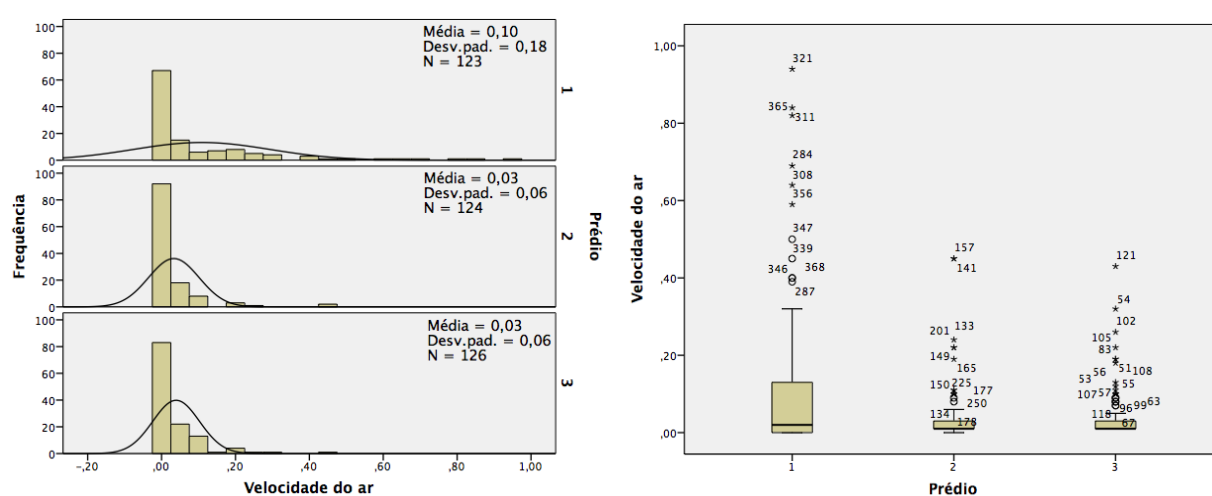


Figura 52 – Histograma de frequências e *boxplot* para a variável Velocidade do ar

Os histogramas de frequências exibidos na Figura 52 relativos a variável Velocidade do ar exibem grandes semelhanças entre os Prédios 2 e 3, o que pode ser constatado pelas distribuições e pelos valores muito próximos da média e desvio-padrão de ambos os prédios. Por outro lado, o Prédio 3 possui uma maior amplitude, devido um discreto aumento da velocidade do ar. Tal fato pode ser ratificado pelos altos valores da média e do desvio-padrão se comparados ao Prédio 1 e 2. Os *boxplots* vêm corroborar com essa premissa, dado que há semelhanças nas características dos Prédios 2 e 3, enquanto o Prédio 1 possui um comprimento diferente. No mais, o teste das medianas verificou um valor de significância de 0,073 o que aceita a hipótese nula, isto é, as medianas são iguais entre os diferentes prédios ($p > 0,05$). Paralelamente a isso, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,035 o que rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, elas são diferentes. Essas informações oriundas da estatística inferencial também podem ser visualizadas sutilmente pelos *boxplot*, pois as medianas estão em patamares semelhantes, contudo o comprimento dos *boxplot* são bem diferentes, o que reflete diferenças na distribuição.

Após a elucidação dos resultados das variáveis contínuas, tem-se a abordagem das variáveis categóricas que devem ser esmeradas no presente estudo. Assim, a Figura 53 elucida informações relativas a sensação dos trabalhadores.

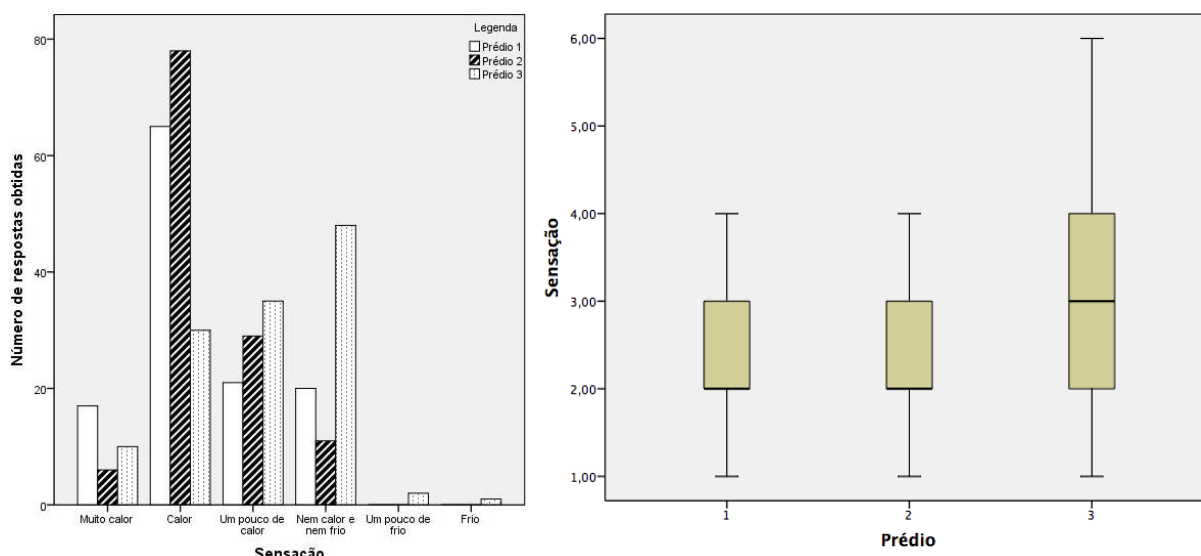


Figura 53 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Sensação entre os prédios

Verificando a Figura 53, constata-se que o gráfico de barras da variável sensação mostra que para os Prédios 1 e 2, a maioria dos trabalhadores possuem a sensação de “Calor” durante a aplicação do questionário, enquanto para o Prédio 3, a maioria não sente calor e nem frio. Ademais, a maioria dos trabalhadores dos três Prédios sentem algum tipo de desconforto na sensação térmica perante ao calor, o que pode ser explicado devido a cidade de Recife localizar-se em uma região quente. Tais fatos podem ser constatados ao observar os *boxplot* das variáveis, tendo em vista que nos Prédios 1 e 2 a mediana se concentra a mesmo nível, ou seja, na sensação de calor, enquanto no Prédio 3 a mediana se concentra um nível acima, com maior distribuição do corpo do *boxplot*, o que denota que todas as opções de respostas do questionário foram assinaladas por ao menos algum trabalhador. No tocante a análise de inferência estatística, o teste das medianas verificou um valor de significância de 0,0 o que rejeita a hipótese nula, ou seja, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Paralelamente a isso, o teste de Kruskal-Wallis evidenciou um valor de significância de 0,0 o que também rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, elas são diferentes. Por conseguinte, a Figura 54 evidencia o gráfico de barras e o *boxplot* da variável conforto.

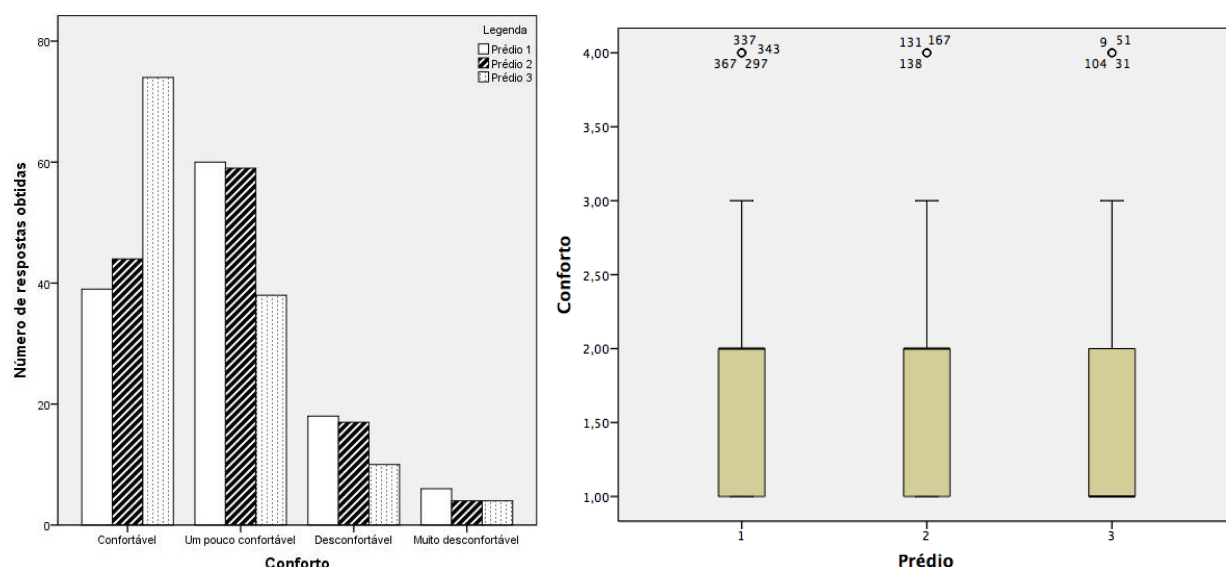


Figura 54 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável sensação de Conforto entre os prédios

De acordo com a Figura 54 observa-se que para os Prédios 1 e 2 a maioria dos trabalhadores se sentem “Um pouco confortável” em relação ao aspecto térmico, contudo no Prédio 3, a maioria dos trabalhadores sentem-se “Confortável”. Apesar desses resultados, ainda existem trabalhadores que em menor parcela se sentem desconfortáveis e muito desconfortáveis, evidenciando que por mais que eles estejam aclimatizados com o clima da cidade, há uma presença de estresse térmico constante. Simultaneamente a isso, os *boxplot* refletem a similaridade de respostas obtidas nos Prédios 1 e 2, dado a que a mediana situa-se na opção que apareceu com mais frequência (Um pouco confortável) enquanto o Prédio 3 apresenta a mediana na opção Confortável. Ressalta-se que nos três Prédios há presença de *outliers*, ou seja, respostas que não se enquadram na maioria das respostas obtidas. Em relação a estatística inferencial, o teste das medianas constatou um valor de significância de 0,0 o que rejeita a hipótese nula, ou seja, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Da mesma forma, o teste de Kruskal-Wallis encontrou um valor de significância de 0,0 o que também rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável conforto são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), isto é, elas são distintas. Posteriormente, a Figura 55 evidencia o gráfico de barras e o *boxplot* da variável Preferência entre os distintos Prédios.

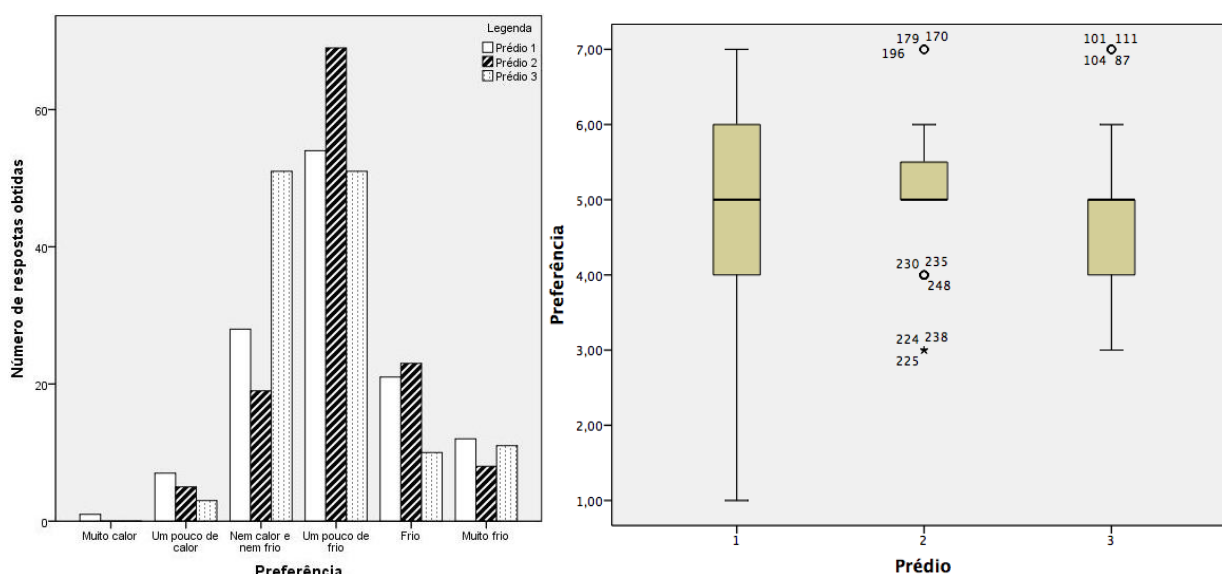


Figura 55 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Preferência entre os prédios

Em sintonia com os gráficos apresentados na Figura 55, percebe-se que para os três Prédios a maioria dos trabalhadores preferem sentir “Um pouco de frio” no tocante a questão térmica, o que ratifica a premissa que a maioria dos trabalhadores da construção civil não estão em conforto térmico. Deve-se ressaltar que para o Prédio 3, o valor de respostas obtidas foi quase idêntico a opção “Nem calor e nem frio”, o que mostra que grande parte dos trabalhadores desse prédio já estão aclimatizados e outra parte ainda está em desconforto térmico. Além disso, nos prédios 1 e 2, uma parte significativa dos trabalhadores também assinalaram essa opção, embora não tenha sido a mais respondida. Com relação aos *boxplot*, observa-se que os três prédios possuem características distintas, embora a mediana seja a mesma. No Prédio 1 todas as opções de respostas existentes foram assinaladas pelos trabalhadores, enquanto no Prédio 2 e 3 a opção “Muito calor” não foi respondida, fazendo com que os *boxplot* estejam menores. Relativamente a estatística inferencial, o teste das medianas assinalou um valor de significância de 0,0 o que acarreta a rejeição da hipótese nula, em outras palavras, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Paralelamente a isso, o teste de Kruskal-Wallis encontrou um valor de significância de 0,0 o que também rejeita a hipótese de nulidade de que as distribuições da variável Preferência são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, elas são diferentes. Posteriormente, a Figura 56 evidencia o gráfico de barras e o *boxplot* da variável Tolerância entre os Prédios estudados.

De acordo com os gráficos apresentados na Figura 56, constata-se que para os três Prédios a maioria dos trabalhadores acreditam que o ambiente é “Perfeitamente tolerável”, resposta escolhida principalmente pelos trabalhadores do Prédio 3, que é o prédio que situa-se mais próximo a orla litorânea, diferentemente dos dois primeiros prédios que estão em uma região distante da orla. Por conseguinte, em escala decrescente obteve-se as respostas “Um pouco difícil de se tolerar”, seguido da opção “Razoavelmente difícil de se tolerar”, e por fim a opção “Bastante difícil de se tolerar”. Diante desses resultados pode-se colocar a hipótese que os trabalhadores já estão aclimatizados com o ambiente, sendo que para eles esse mesmo ambiente é tolerável, embora possa apresentar algum desconforto térmico. No tocante aos *boxplot*, tem-se a reverberação dos

gráficos de barras, na qual a maioria dos trabalhadores dos Prédios toleram o ambiente. No tocante a inferência estatística, o teste das medianas constatou um valor de significância de 0,0 o que implica na rejeição da hipótese nula, ou em outras palavras, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Ademais, o teste de Kruskal-Wallis encontrou um valor de significância de 0,0 o que também rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Tolerância são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), isto é, elas são diferentes.

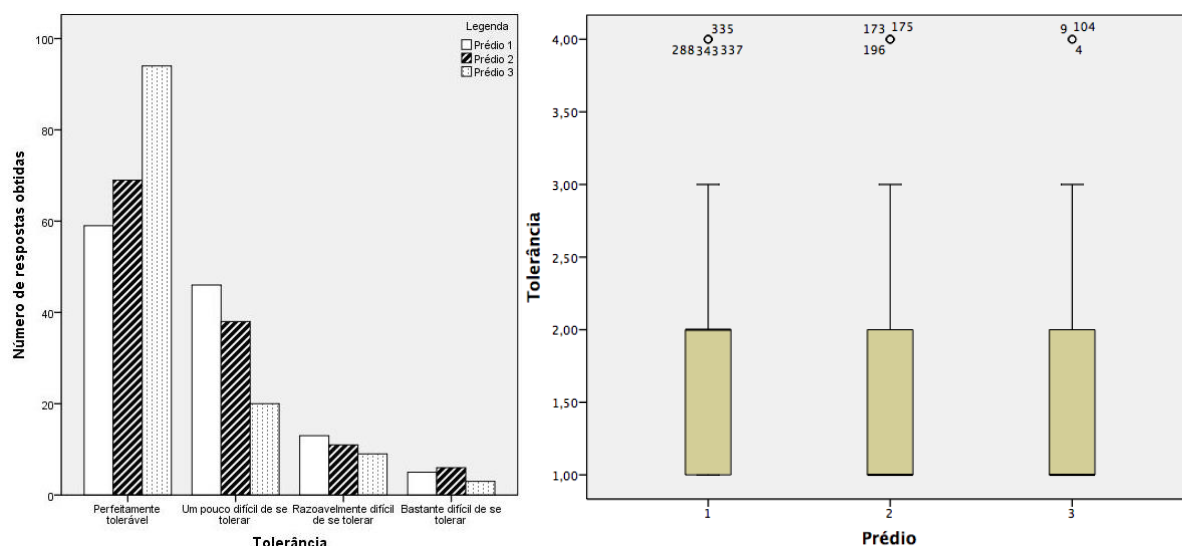


Figura 56 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Tolerância entre os prédios

Posteriormente, a Figura 57 evidencia o gráfico de barras e o *boxplot* da variável Percepção da temperatura do ar entre os Prédios estudados.

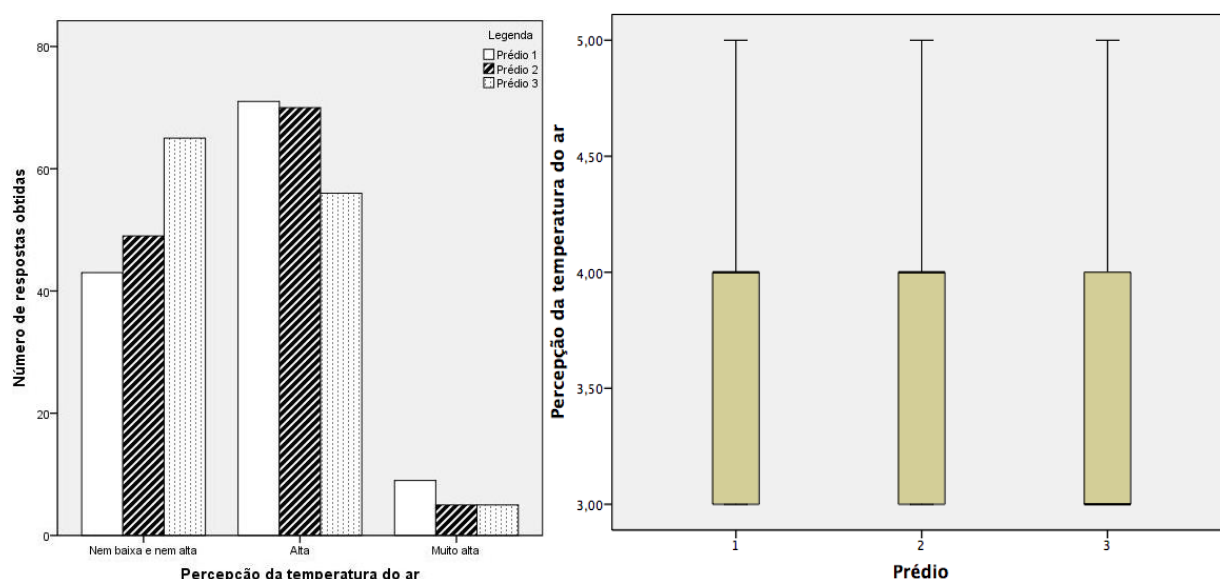


Figura 57 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Percepção da temperatura do ar

A Figura 57 exibe que a maioria dos trabalhadores dos Prédios 1 e 2 percebe a temperatura do ar como sendo “alta”, enquanto para o Prédio 3 a maioria acredita que a temperatura do ar está normal, ou seja, “nem baixa e nem alta”. Essa distinção entre os prédios pode ser oriunda da localização dos mesmos, dado que os Prédios 1 e 2 estão próximos, enquanto o Prédio 3 está em outro local, criando uma tendência que as variáveis ambientais dos dois primeiros prédios são semelhantes. É interessante elucidar que alguns trabalhadores ainda consideram a percepção da temperatura do ar como sendo “muito alta”, mas nenhum deles assinalou que a opção é “baixa” ou “muito baixa” o que reflete os dados mensurados e já comentados sobre a temperatura do ar, na qual encontra-se elevada. Os *boxplots*, por sua vez, estão em sintonia com os gráficos de barras dado que todos se concentram nas respostas obtidas, ressaltando apenas que as medianas estão de acordo com as opções mais assinaladas por cada prédio. De oportuno, o teste das medianas averiguou um valor de significância de 0,0 o que rejeita a hipótese nula, ou seja, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Além disso, o teste de Kruskal-Wallis identificou um valor de significância de 0,0 na qual rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Percepção da temperatura do ar são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), em outras palavras, elas são distintas. Sequencialmente, a Figura 58 evidencia o gráfico de barras e o *boxplot* da variável Umidade do ar entre os Prédios.

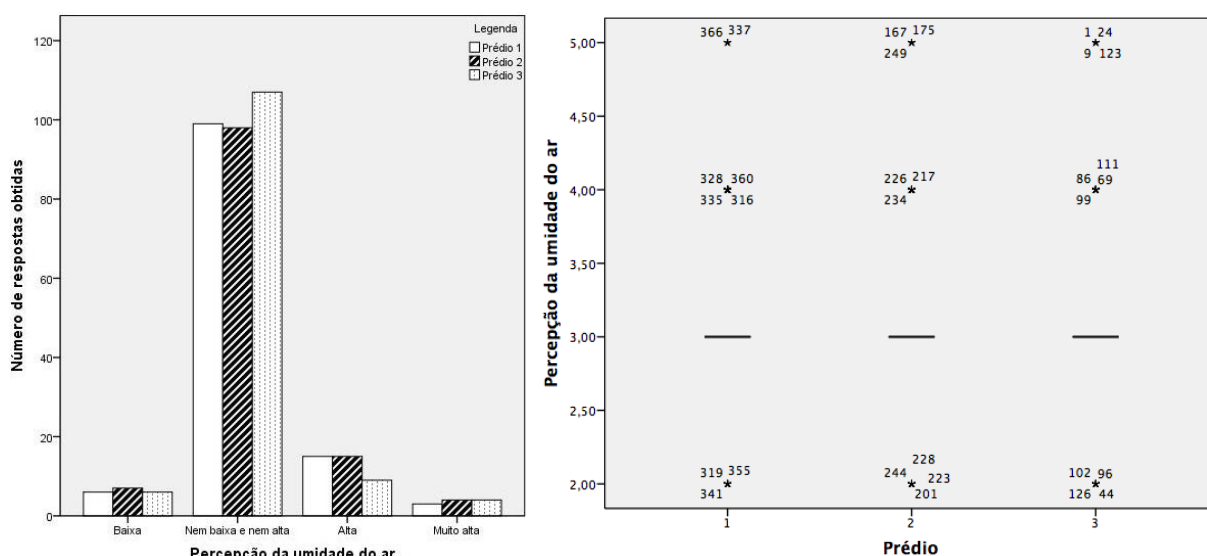


Figura 58 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Percepção da umidade do ar

Mediante a Figura 58, constata-se que os trabalhadores maciçamente afirmaram que a umidade do ar “Nem baixa e nem alta”, ou seja, ela é indiferente. Devido a grande concentração de respostas, os *boxplots* foram representados apenas pelas medianas e com alguns *outliers*, que personificam as outras respostas obtidas. Arelado a esse fato, o teste das medianas averiguou um valor de significância de 0,08 o que mantém a hipótese nula, isto é, as medianas são iguais entre os diferentes prédios ($p > 0,05$). Além disso, o teste de Kruskal-Wallis identificou um valor de significância de 0,0 na qual rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Percepção da umidade do ar são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), em outras palavras, elas são

diferentes. Por conseguinte, a Figura 59 evidencia o gráfico de barras e o *boxplot* da variável Radiação solar entre os Prédios.

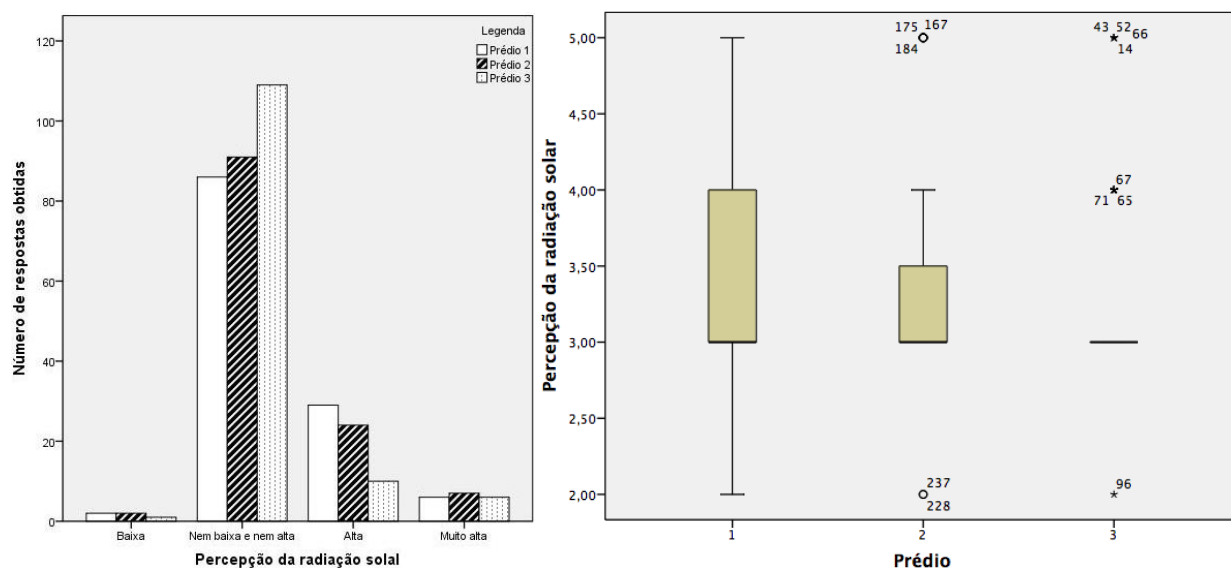


Figura 59 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Percepção da radiação solar

A Figura 59, semelhante aos resultados exibidos na Figura 52, apresenta grande concentração da percepção da radiação solar como sendo “Nem alta e nem baixa”, ou seja, para os trabalhadores a radiação solar não é um fator decisivo de estresse térmico. Os *boxplots* retratam tais dados, nos quais apresentam poucos *outliers* diante da maioria dos dados estarem concentrados em uma única resposta, além de destacar que todos possuem a mesma mediana. Em sintonia a isso, o teste das medianas constatou um valor de significância de 0,00 o que rejeita a hipótese nula, isto é, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Além disso, o teste de Kruskal-Wallis identificou um valor de significância de 0,0 na qual rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Percepção da radiação solar são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), em outras palavras, elas são diferentes. Posteriormente, a Figura 60 evidencia o gráfico de barras e o *boxplot* da variável Percepção da velocidade do vento.

A Figura 60 mostra que para a maioria dos trabalhadores, a velocidade do vento é considerada “Nem baixa e nem alta”. Isso mostra que boa parcela dos trabalhadores já está acostumada a desenvolver suas funções independente do nível da velocidade do vento. Logo após essa opção, a resposta que remete a uma velocidade “Baixa” é a que surge, seguido a posteriori de uma velocidade “Alta”. Nesse contexto, os *boxplots* estão em sintonia a esses dados, tendo em vista que seus escopos estão compreendidos nessas duas opções mais escolhidas pelos trabalhadores. A aplicação do teste das medianas constatou um valor de significância de 0,00 o que implica que a hipótese de nulidade deva ser rejeitada, isso quer dizer que as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). O teste de Kruskal-Wallis apontou um valor de significância de 0,0 na qual rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Percepção da velocidade do vento são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, elas são de diferentes distribuições.

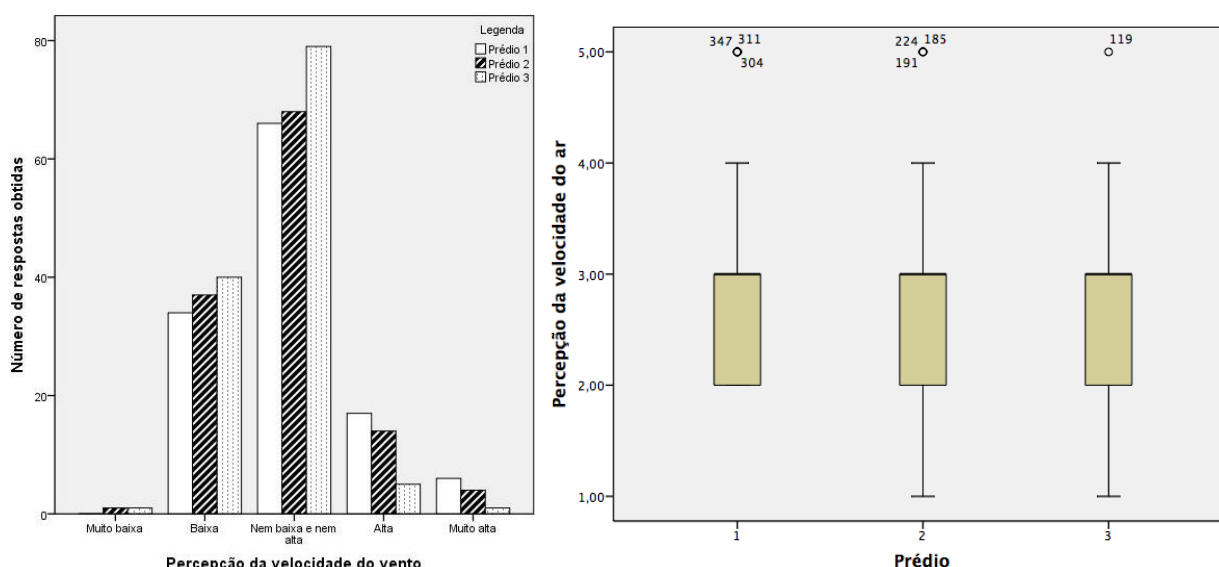


Figura 60 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Percepção da velocidade do vento

Em seguida, a Figura 61 esboça os gráficos relativos a variável modificação da temperatura do ar.

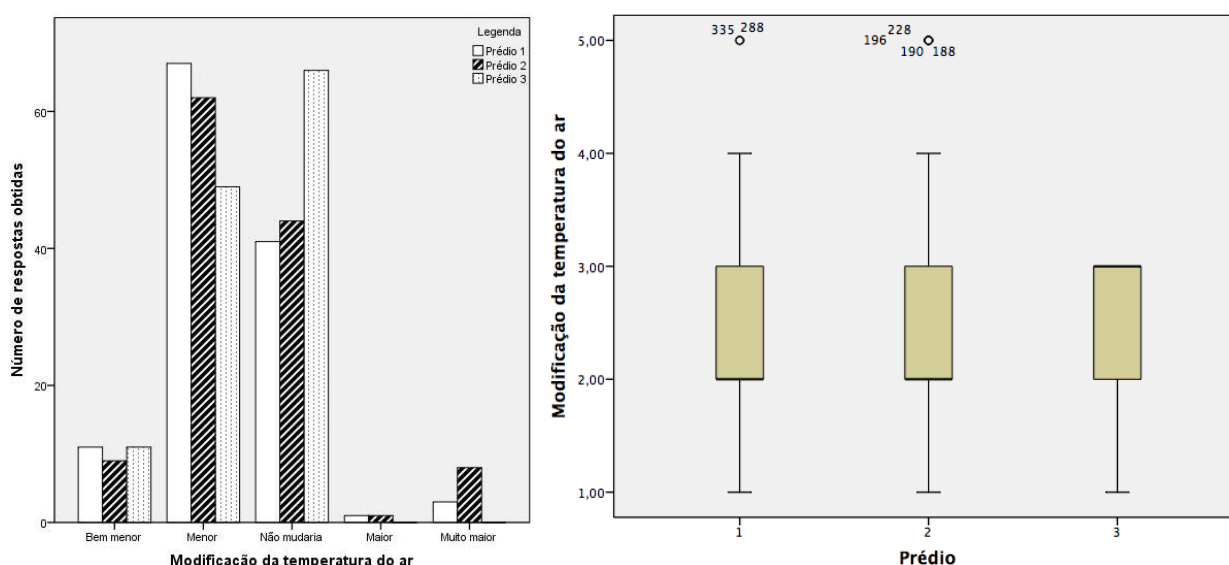


Figura 61 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Modificação da temperatura do ar

Mediante a observação da Figura 61, constata-se que para o Prédio 1 e 2 a maioria dos trabalhadores gostaria que houvesse uma redução da temperatura do ar, deixando-a de menor intensidade. Esse fato já vislumbra que os trabalhadores desse prédio estão sob estresse térmico pois gostariam de alterar o valor desse parâmetro ambiental. Por outro lado, as respostas obtidas no Prédio 3 informam que os trabalhadores, em sua maioria, não modificariam a temperatura do ar, ou seja, para eles essa temperatura está de acordo com sua necessidade térmica. Os *boxplots* estão refletindo isso pois emboa tenham estruturas semelhantes, a mediana dos Prédios 1 e 2 situa-se na opção mais assinalada pelos seus respectivos trabalhadores, o mesmo ocorrendo para o Prédio 3. Diante disso, o teste das medianas verificou um valor de significância de 0,00 o que

implica que a hipótese nula deva ser rejeitada, isto é, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). O teste de Kruskal-Wallis, no que lhe diz respeito, apontou um valor de significância de 0,0 na qual rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Modificação da temperatura do ar são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), isto é, elas são de diferentes distribuições. Por conseguinte, a Figura 62 exibe os dados relativos a variável modificação da umidade do ar.

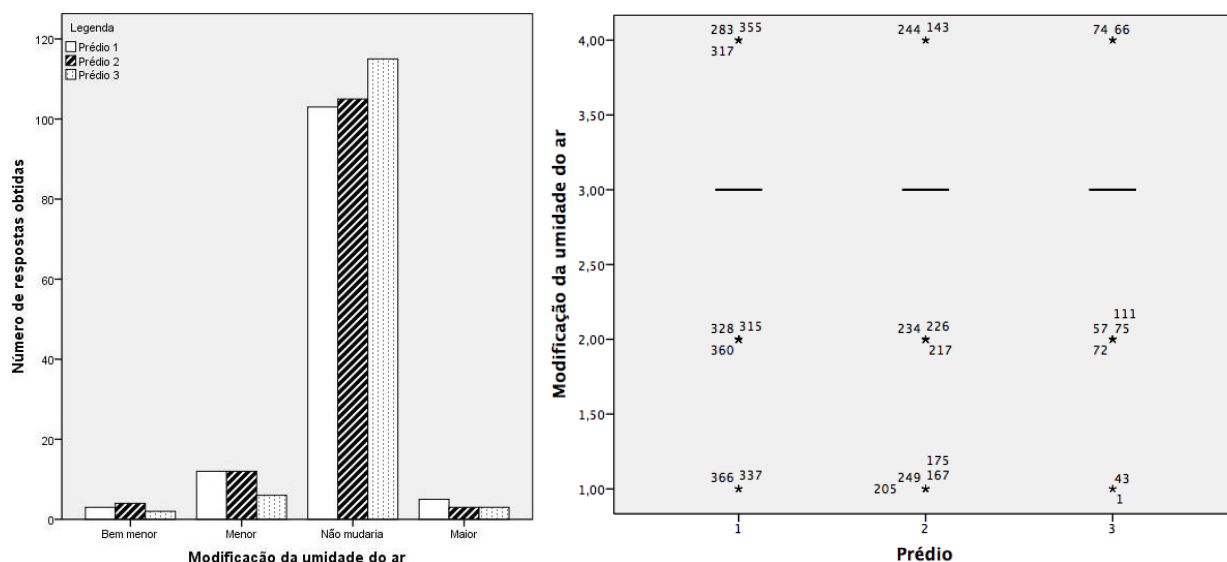


Figura 62 – Gráfico de barras e *boxplots* para a variável Modificação da umidade do ar

A partir da Figura 62 constata-se que a grande maioria dos trabalhadores dos três prédios “Não mudaria” a umidade do ar, deixando-a como ela está. Em uma perspectiva crítica, isso pode oferecer duas projeções: os trabalhadores estão satisfeitos com a umidade no ambiente ou eles não percebem bem o que significa umidade, optando assim por dizer que não gostariam de modificá-la. Independentemente disso, os *boxplots* são resumidos apenas às medianas e alguns *outliers* devido a grande concentração de dados em apenas uma opção. Sob o prisma da inferência estatística, o teste das medianas apontou um valor de significância de 0,09 o que denota que a hipótese nula deve ser aceita, isto é, as medianas são iguais entre os diferentes prédios ($p > 0,05$). Ademais, o teste de Kruskal-Wallis mostrou um valor de significância de 0,0 na qual rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Modificação da umidade do ar são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, elas são de diferentes distribuições. Em seguida, a Figura 63 exibe os dados relativos a variável modificação da radiação solar.

Diante da Figura 63, o gráfico de barras mostra que a maioria dos trabalhadores dos três prédios não modificariam a radiação solar, seguidos por trabalhadores que gostariam de uma radiação solar menor e por conseguintes respostas de um desejo de uma radiação solar bem menor. Nenhuma resposta sobre aumentar a radiação solar foi assinalada, o que está de acordo com a condição climática da cidade de Recife que encontra-se em estresse térmico. Essas respostas podem ser refletidas pelos *boxplots*, dado que as medianas estão concentradas no número 3 que representa a opção “Não mudaria” a radiação solar. O teste das medianas apontou um valor de significância de

0,00 o que denota que a hipótese nula deve ser rejeitada, ou seja, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$) analisados. Além disso, o teste de Kruskal-Wallis revelou um valor de significância de 0,0 na qual rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Modificação da radiação solar são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), isto é, elas são de diferentes distribuições.

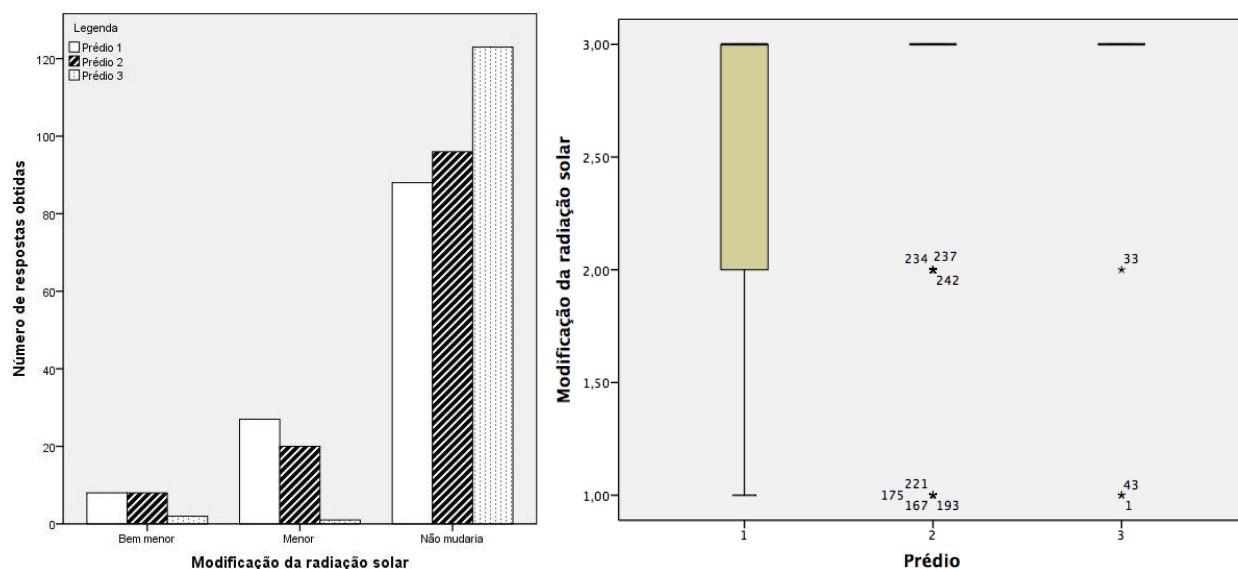


Figura 63 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Modificação da radiação solar

De seguida, a Figura 64 exibe os dados relativos a variável modificação da velocidade do vento.

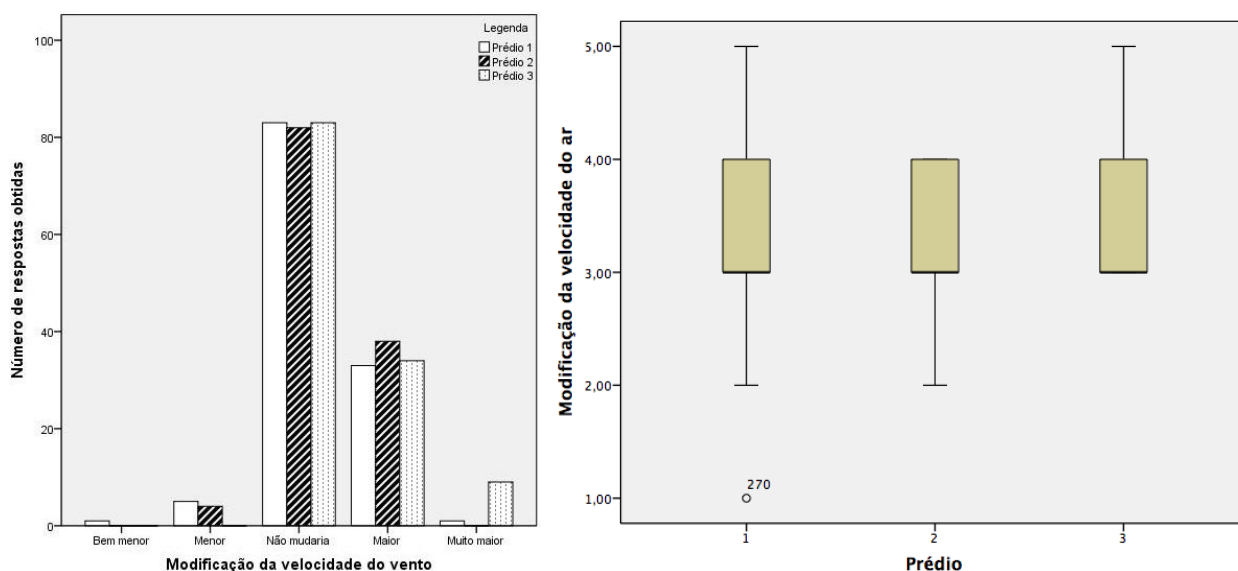


Figura 64 – Gráfico de barras e *boxplot* para a variável Modificação da velocidade do vento

A Figura 64 apresenta um gráfico de barras no qual a maioria dos trabalhadores dos três prédios não alterariam a velocidade do vento, contudo existem respostas apresentadas pelo número 4, que

significa “Maior” velocidade do ar. A opção “Muito maior” velocidade do ar foi pouco votada nos Prédios 1 e 3, não tendo sido escolhida no Prédio 2. Da mesma forma, a opção “Bem maior” e “Menor” velocidade do ar foi pouco votada nos Prédios 1 e 2, não sendo selecionada no Prédio 3. Simultaneamente a esse fato, a partir dos *boxplots* constata-se que as medianas estão concentradas no número 3 que representa a opção “Não mudaria” a velocidade do vento, tendo em vista que foi a opção mais assinalada. Posteriormente, executou-se o teste das medianas com relação a estatística inferencial, identificando um valor de significância de 0,00 o que leva a rejeição da hipótese nula, ou seja, as medianas não são iguais entre os diferentes prédios ($p < 0,05$). Simultaneamente a isso, o teste de Kruskal-Wallis constatou um valor de significância de 0,0 na qual rejeita a hipótese nula de que as distribuições da variável Modificação da velocidade do vento são semelhantes entre os prédios ($p < 0,05$), ou seja, elas são diferentes perante aos prédios.

Após a caracterização das variáveis categóricas, finaliza-se toda a apresentação dos resultados obtidos por intermédio das técnicas de Análise Exploratória de Dados (AET) e rápida discussão a partir da estatística inferencial. Por conseguinte, é necessário iniciar a análise dos resultados sob a perspectiva do entrelace entre as variáveis utilizadas no questionário, isto é, se há correlação entre elas. Para isso, categorizou-se as variáveis contínuas para viabilizar estatisticamente a possibilidade da correlação, na qual utilizou os critérios de Sturges (1926) com o fator de adaptação de Doane (1976) para definir o número de classes da categorização, conforme foi evidenciado nos procedimentos metodológicos. Obteve-se um total de 11 classes para as variáveis contínuas, nas quais suas categorizações pode ser exibida no ANEXO D.

Após a categorização, realizou-se a correlação de Spearman entre as variáveis, levando em consideração apenas aquelas correlações que fossem estatisticamente significativas, ou seja, que tenham valor de $p < 0,05$ ou $p < 0,01$. Em seguida, verificou-se o coeficiente de determinação que exibe a influência percentual que uma variável desempenha na outra. Neste sentido, a Tabela 19 exibe os resultados para o Prédio 1.

Tabela 19 – Resultados obtidos das correlações das variáveis do Prédio 1

Variáveis em correlação	Correlação de Spearman	Coeficiente de determinação	Classificação
Percepção da Temperatura e Modificação da temperatura	-0,892**	79,57%	Correlação elevada
Sensação térmica e Preferência térmica	-0,551**	30,36%	Correlação moderada
Conforto térmico e Tolerância térmica	0,633**	40,07%	Correlação moderada
Modificação da umidade e Percepção da Umidade	-0,687**	47,20%	Correlação moderada
Modificação da radiação solar e Percepção da radiação Solar	-0,882**	77,79%	Correlação elevada
Modificação da temperatura e Preferência térmica	0,257**	6,60%	Correlação fraca
Temperatura do bulbo úmido e Temperatura do bulbo seco	0,831**	69,06%	Correlação elevada
Temperatura do bulbo úmido e Temperatura do globo	0,787**	61,94%	Correlação elevada
Temperatura do bulbo úmido e Umidade	-0,676**	45,70%	Correlação moderada
Temperatura do bulbo seco e Temperatura do globo	0,939**	88,17%	Correlação moderada
Temperatura do bulbo seco e Umidade	-0,723**	52,27%	Correlação elevada
Temperatura do globo e Umidade	-0,643**	41,34%	Correlação moderada

* Correlação estatisticamente significativa a $p < 0,05$

** Correlação estatisticamente significativa a $p < 0,01$

Diante dos resultados obtidos na Tabela 19, pode-se fazer algumas considerações importantes. As percepções que os trabalhadores têm das variáveis temperatura, radiação solar e umidade possuem uma correlação negativa elevada em comparação com a possibilidade de modificação desses mesmos parâmetros. Isso significa que, por exemplo, se os trabalhadores sentem que o ambiente possui alta temperatura, eles tendem a escolher uma modificação na temperatura, praticamente inversamente proporcional ao nível de temperatura sentida. Tal fato possui lógica imutável, pois se as pessoas estão com calor preferem um lugar mais fresco. Outra observação é que as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e de globo possuem alta correlação, fato que pode ser explicado que essas são variações de temperaturas e que possuem algumas características semelhantes. Por fim, ressalta-se que as temperaturas citadas anteriormente possuem uma correlação negativa com a umidade o que não revela surpresa, dado que normalmente há uma relação inversa entre essas variáveis. No mais, a Tabela 20 exhibe os resultados para o Prédio 2.

Tabela 20 – Resultados obtidos das correlações das variáveis do Prédio 2

Variáveis em correlação	Correlação de Spearman	Coefficiente de determinação	Classificação
Percepção da Temperatura e Modificação da temperatura	-0,867**	75,17%	Correlação elevada
Sensação térmica e Temperatura do globo	0,22*	4,84%	Correlação fraca
Preferência térmica e Temperatura do globo	-0,239**	5,71%	Correlação fraca
Preferência térmica e Umidade	0,198*	3,92%	Correlação muito fraca
Sensação térmica e Preferência térmica	-0,424**	17,98%	Correlação moderada
Conforto térmico e Tolerância térmica	0,624**	38,94%	Correlação moderada
Modificação da umidade e Percepção da Umidade	-0,722**	52,13%	Correlação elevada
Modificação da radiação solar e Percepção da radiação solar	-0,814**	66,26%	Correlação elevada
Sensação térmica e Percepção da radiação Solar	0,21*	4,41%	Correlação fraca
Conforto térmico e Percepção da Umidade	0,179*	3,20%	Correlação muito fraca
Temperatura do bulbo úmido e Temperatura do bulbo seco	0,841**	70,73%	Correlação elevada
Temperatura do globo e Umidade	-0,75**	56,25%	Correlação elevada

* Correlação estatisticamente significativa a $p < 0,05$

** Correlação estatisticamente significativa a $p < 0,01$

A Tabela 20 elucida grandes semelhanças com a Tabela 19, tendo por exemplo, a correlação negativa elevada das variáveis temperatura, radiação solar e umidade em comparação com a possibilidade da mudança de seus parâmetros. Ademais, conforto térmico e tolerância térmica possuem uma correlação moderada. Por outro lado, as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido possuem elevada correlação, o que não ocorre com a temperatura de globo. Paralelamente a isso a temperatura do globo possui correlação positiva com a sensação térmica e negativa com a preferência térmica. Isso permite denotar que há uma relação discreta entre a sensação térmica dos trabalhadores com a temperatura do globo, fazendo com que essa variável possa prever sutilmente a sensação do trabalhador. Em seguida, a Tabela 21 exhibe os resultados para o Prédio 3.

Tabela 21 – Resultados obtidos das correlações das variáveis do Prédio 3

Variáveis em correlação	Correlação de Spearman	Coefficiente de determinação	Classificação
Percepção da Temperatura e Temperatura do bulbo úmido	-0,194*	3,76%	Correlação muito fraca
Percepção da Temperatura e Temperatura do globo	-0,18*	3,24%	Correlação muito fraca
Percepção da Temperatura e Modificação da temperatura	-0,841**	70,73%	Correlação elevada
Sensação térmica e Preferência térmica	-0,835**	69,72%	Correlação elevada
Conforto térmico e Tolerância térmica	0,648**	41,99%	Correlação moderada
Modificação da umidade e Percepção da Umidade	-0,203*	4,12%	Correlação fraca
Modificação da radiação solar e Percepção da radiação Solar	-0,415**	17,22%	Correlação moderada
Sensação térmica e Percepção da Temperatura	0,309**	9,55%	Correlação fraca
Modificação da temperatura e Preferência térmica	0,348**	12,11%	Correlação fraca
Conforto térmico e Percepção da Temperatura	0,244**	5,95%	Correlação fraca
Temperatura do bulbo úmido e Temperatura do bulbo seco	0,622**	38,69%	Correlação moderada
Temperatura do bulbo úmido e Temperatura do globo	0,6**	36,00%	Correlação moderada
Temperatura do bulbo úmido e Umidade	-0,736**	54,17%	Correlação elevada
Temperatura do bulbo seco e Temperatura do globo	0,991**	98,21%	Correlação moderada
Temperatura do bulbo seco e Umidade	-0,888**	78,85%	Correlação elevada
Temperatura do globo e Umidade	-0,865**	74,82%	Correlação elevada

* Correlação estatisticamente significativa a $p < 0,05$ ** Correlação estatisticamente significativa a $p < 0,01$

A Tabela 21 constata que o Prédio 3 possui um maior número de dados estatisticamente significativos quando comparado com os Prédios 1 e 2. Pode-se destacar que a correlação negativa entre percepção da temperatura com as temperaturas do globo e do bulbo úmido. Embora seja uma correlação fraca, esperava-se que houvesse uma correlação positiva e não negativa. Outro fator importante é que a temperatura do bulbo úmido possui uma correlação negativamente elevada quando comparada com a umidade. Já as temperaturas do globo, bulbo úmido e bulbo seco possuem correlação moderada, o que é perfeitamente aceitável pois todas têm características em comuns já que são temperaturas. Ademais, as percepções que os trabalhadores têm das variáveis temperatura, radiação solar e umidade possuem uma correlação negativa elevada em comparação com a possibilidade de modificação desses mesmos parâmetros. Isso está em sintonia com os resultados encontrados no Prédio 1.

Por fim, ressalta-se que todo questionário desenvolvido deve ter sua confiabilidade aferida para que esse esteja apto ao estudo proposto. Diante disso, o questionário foi avaliado segundo a consistência interna de Alfa de Crombach, obtendo um valor de 0,714 o qual é considerado na literatura como um valor aceitável, respaldando a confiabilidade do referido questionário.

6 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

6.1 Conclusões

A presente tese teve por objetivo principal estabelecer uma relação entre ambiente térmico e construção de edificações, tendo como parâmetros de controle a altura e a percepção térmica dos trabalhadores das edificações. Assim, fez-se um estudo empírico em três prédios em construção na cidade de Recife – Brasil, os quais possuem mais que 30 andares cada um e possuem as mesmas características de construção.

Para isso, inicialmente buscou-se identificar quais os parâmetros ambientais que variam conforme a mudança de altura. Concluiu-se que a temperatura do bulbo seco, bulbo úmido, do globo tendem a cair conforme aumenta-se a altura da construção, ou seja, para uma cidade quente e úmida o trabalho desempenhado é menos estressante termicamente em alturas elevadas quando comparadas com altura mais baixas. A mudança de altura do rés do chão para o décimo andar (cerca de 30 metros) já apresenta resultados estatisticamente significativos, isto é, a mudança das temperaturas já sugere mudanças do ambiente térmico. Ademais, na maioria dos casos, a diferença entre o rés do chão e o vigésimo andar (cerca de 60 metros) já oferece uma variação de 1°C, o que constata com os pressupostos existentes na literatura. No tocante a umidade, constatou-se que conforme há elevação de altura na construção de edificações a umidade tende a subir. Semelhantemente ao que ocorreu com as temperaturas, a mudança de altura do rés do chão para o décimo andar (cerca de 30 metros) oferece resultados estatisticamente significativos para a umidade.

Essas constatações auxiliam os gestores de construção dos prédios na tomada de decisão perante as atividades distribuídas durante a jornada laboral, dado que a cidade de Recife possui maior incidência de radiação solar entre as 10h e 11h no período da manhã e 15h às 16h no período da tarde. Assim, o gestor pode alocar nesses horários as atividades mais extenuantes termicamente nos andares superiores dos edifícios, pois o estresse térmico é menor. Paralelamente a isso, investigou-se o cálculo de trabalho intermitente para exposição ao calor por intermédio do índice WBGT, constatando que as diferenças do rés do chão para o trigésimo andar podem oferecer distintas atribuições sobre pausas no regime de trabalho. Isso possibilita que os gestores possam verificar se o pavimento no qual o trabalhador está desempenhando suas atividades de fato necessita de pausas no trabalho, o que pode diminuir custos e ociosidade do trabalhador.

Relativamente a verificação da variação da produtividade em diferentes alturas, utilizaram-se três modelos consagrados na literatura, sendo eles: Thomas e Yiakoumis (1987); Koehn e Brown (1985); Mohamed e Srinavin (2002). Inicialmente, o modelo de Thomas e Yiakoumis mostrou-se inconsistente devido a valores superestimados de produtividade. O modelo de Koehn e Brown, por sua vez, evidenciou uma variação da produtividade indicando na maioria dos casos que o rés do chão deveria ter uma maior produtividade que pisos superiores, contudo isso ocorre devido a grande influência que a humidade desempenha no modelo. O modelo de Mohamed e Srinavin (2002) evidenciou que quanto maior a diferença de altura na construção maior é a produtividade nos andares superiores comparados com o rés do chão. Por outro lado, o modelo evidencia que

trabalhos pesados possuem uma maior produtividade que trabalhos leves, o que acarreta há uma inconsistência de senso comum. Não obstante, isso pode ser explicado devido a baixa perturbação que o PMV executa na produtividade de trabalho pesado quando comparado com a produtividade nos trabalhos moderados e leves. Aqui deve-se ressaltar que o modelo de Mohamed e Srinavin (2002) é uma adaptação do PMV. Por fim, constatou-se que todos os modelos possuem um alto percentual de produtividade, algo que não é factual com a realidade da construção na cidade onde se desenvolveu o estudo. Diante disso, ratifica-se que além de existirem pouquíssimos modelos de produtividade na construção civil que utilizem os parâmetros térmicos, há uma série de limitações nas suas utilizações que devem ser levadas em consideração por os demais pesquisadores.

Com relação a percepção do ambiente térmico dos trabalhadores, constatou-se que há grande interação entre as suas respostas no tocante a percepção de uma variável ambiental e a possibilidade de mudar essa variável, ou seja, se o trabalhador acredita que a temperatura está alta, há uma forte tendência de ele solicitar a redução de temperatura para seu conforto. Outro aspecto ratificado com o estudo é que as variáveis ambientais possuem forte interação entre elas, possuindo um elevado fator de correlação. Não obstante, a consideração mais importante obtida é que não há muitas correlações entre as variáveis ambientais e a percepção dos trabalhadores a respeito delas, a salvo a temperatura. Isso destoa de muitos estudos que utilizam modelos estatísticos para avaliar a percepção térmica dos trabalhadores, dado que o presente estudo constatou que não há grande relação, o que implica em uma fragilidade em desenvolvimento de modelos matemáticos para ambientes abertos. Em suma, esse fato abre um leque de opções a serem estudadas a partir da relação da percepção do trabalhador (por intermédio de questionários) e dos parâmetros ambientais (mediante a mensuração térmica).

Ademais, o questionário estabelecido e validado pode ser aplicado diretamente em outras edificações, assim como em outras empresas dado que toda sua estruturação foi voltada ao ambiente externo, visando preencher uma lacuna na literatura. Assim, o questionário serve para ajudar a minimizar a lacuna existente em ambientes abertos que utilizam questionários. Por fim, pode-se elencar perspectivas futuras para outros estudos que se relacionem com a temática.

6.2 Perspetivas Futuras

Ao decorrer da presente tese de doutoramento, constatou-se que a mesma alcançou todos os objetivos propostos, além de contribuir com a disseminação de conhecimentos e proporcionar benefícios na área de segurança e saúde ocupacionais. Não obstante, podem-se elencar algumas vertentes que auxiliem o desenvolvimento de trabalhos futuros que virão a contribuir com o aprimoramento do tema. Sendo assim, são eles:

1. No que concerne a variação de ambiente térmico na construção em altura, embora os resultados obtidos apontem para uma direção inequívoca, é importante verificar o comportamento do ambiente em outras construções, assim como em outras regiões climáticas para que haja uma maior caracterização do estudo e verificar possíveis padrões ou diferenças entre as variáveis;

2. No tocante a percepção de conforto dos trabalhadores da construção, podem-se sugerir pesquisas que tenham uma maior abrangência durante os meses do ano. Sob um prisma holístico, uma pesquisa de longo prazo realizada mensalmente seria útil para compreender as respostas térmicas das pessoas que deverão variar de acordo com o clima da estação. Além disso, sugere-se aplicar o questionário em diferentes construtoras com o intuito de verificar o comportamento dos resultados, assim como obter uma maior amostra. Sabe-se que o efeito da mudança nas condições climáticas pode ser deduzido a partir de uma grande amostra de indivíduos pesquisados em diferentes condições climáticas (CHENG et al, 2012). Isso impacta diretamente na análise dos resultados, por intermédio das correlações a serem efetuadas. Embora não exista um valor mínimo de amostragem para realizar o processo de correlação, o tamanho da amostra pode influenciar no valor do coeficiente de correlação obtido (LARSON-HALL, 2010) e, por conseguinte o coeficiente de determinação;
3. No que diz respeito à mensuração da produtividade dos trabalhadores relacionada ao ambiente térmico, propõem-se que os estudos futuros sejam aplicados em construtoras que utilizem a filosofia de “pagamento por área construída” diferentemente da filosofia de “pagamento por jornada de trabalho”. Essa sugestão é oriunda da hipótese de que o pagamento relacionado diretamente ao serviço prestado faz com que o trabalhador cumpra suas obrigações laborais consoante a sua necessidade financeira, o que vem a reduzir a ociosidade no trabalho. Assim torna-se plausível para o pesquisador verificar a influência do ambiente térmico na produtividade, minimizando a possibilidade de vieses que podem inviabilizar tal estudo. Ademais, recomenda-se que seja desenvolvido um método voltado para ambientes quentes e úmidos levando em consideração o ambiente externo, pois verificou-se que os poucos modelos existentes na literatura possuem grandes limitações. A adoção de estudos nessa vertente, também possibilita o desenvolvimento de indicadores mais fidedignos sobre a produtividade, auxiliando a gestão da construção, assim como a toma de decisões pelo escopo gerencial;
4. Sugere-se analisar demais variáveis que impactam no ambiente térmico que não foram discutidas suficientemente nesse trabalho, tais como a radiação solar e temperatura radiante média. O estudo delas auxilia a compreensão do ambiente térmico em si, além da sua interação com os trabalhadores, oferecendo um importante nicho de pesquisa a ser explorado.

7 BIBLIOGRAFIA

- Aaditya, G.; Mani, M. Climate-responsive integrability of building-integrated photovoltaics. *International Journal of Low-Carbon Technologies* 2013, 8, 271–281
- Adamson, K. A.; Prion, S. Reliability: Measuring Internal Consistency Using Cronbach's "alpha". *Clinical Simulation in Nursing* (2013) 9, e179-e180.
- Ahmed, K. S. Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments. *Energy and Buildings* 35 (2003) 103–110.
- Akair, A.; Bánhidi, L. Thermal comfort investigation in Libya. *periodica polytechnica Mechanical Engineering*. 51/1 (2007) 45–51
- Ala-Juusela, M.; Shukuya, M. Human body exergy consumption and thermal comfort of an office worker in typical and extreme weather conditions in Finland. *Energy and Buildings* 76 (2014) 249–257.
- Alinaitwe H, Mwakali J, Hansson B: Labour Productivity in the building industry. In Book Labour Productivity in the building industry (Editor ed.^eds.). City; 2005.
- Aljawabra, F.; Nikolopoulou, M. Influence of hot arid climate on the use of outdoor urban spaces and thermal comfort: Do cultural and social backgrounds matter? *Intelligent Buildings International*, 2 (2010), 1-20
- Al-Kodmany, K. (2011) Tall Buildings, Design, and Technology: Visions for the Twenty-First Century City, *Journal of Urban Technology*, 18:3, 115-140
- ALMEIDA, A. R. Estudo de indicadores regulamentares de conforto térmico no verão: Aplicação da proposta de revisão do RCCTE de 2006. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.
- ANDREASI, W. A. MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM REGIÃO DE CLIMA QUENTE E ÚMIDO DO BRASIL. Tese apresentada no Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de Concentração: Construção Civil. Florianópolis 2009
- ANTONELLI, B. A. Verificação da adequabilidade do modelo normalizado de conforto térmico, utilizando a taxa metabólica determinada pelas sensações térmicas reais de usuários de ambientes industriais. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.
- Arias, R. A.; Mader, T. L.; Escobar, P. C. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet* 40, 7-22 (2008)
- Asfour, O.S., Gadi, M.B., 2007. A comparison between CFD and network models for predicting wind-driven ventilation in buildings. *Build. Environ.* 42, 4079–4085.

ASHRAE 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. In Book Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (Editor ed.^eds.). City: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; 2010.

AULICIEMS, A.; SZOKOLAY S. (2007). Thermal Comfort. PLEA Note, 3. Department of Architecture, The University of Queensland Brisbane 4072. Disponível em: <http://me.emu.edu.tr/hacisevki/MENG443%20PPT1B.pdf>

AWBI, H. B. Ventilation of Buildings. 2 ed. New York: Spon Press, 2003

Bagshaw, M. Effects of travel or work at high altitudes or low pressures. In: Tarlo, S. M.; Cullinan, P.; Nemery, B. (Edited). Occupational and Environmental Lung Diseases. P. 377-388. Chichester: John Wiley & Sons, 2010

BARBOSA, R. L. Avaliação do conforto térmico em trabalhadores da construção civil. Monografia para a obtenção do Título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade de Pernambuco. Recife, 12 de Dezembro de 2011

Barkokébas Jr., B.; Lago, E. M. G.; Cruz, F. M.; Albuquerque Neto, H. C. Environmental risks: A systematic review. IN: Occupational Safety and Hygiene II. (Eds.) Arezes, P. M.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R. B.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. 2014 Taylor & Francis Group, London. P. 603-607

Bascomb N: Higher: A Historic Race to the Sky and the Making of a City. Broadway Books; 2004.

Batista, R. J. R. Climatologia e previsão climatológica, via modelo RegCM3, de índices de conforto térmico para a região metropolitana de São Paulo. Dissertação apresentada ao Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências. São Paulo, 2012

BERKOVIC, S., YEZIORO, A. & BITAN, A. 2012. Study of thermal comfort in courtyards in a hot arid climate. Solar Energy, 86, 14.

Besnard, Y.; Launay, J.; Guinet-Lebreton, A.; Savourey, G. PREDICTOL®: a computer program to determine the thermophysiological duration limited exposures in various climatic conditions. Computer Methods and Programs in Biomedicine (2004) 76, 221—228

Bluyssen, P. M. Management of the Indoor Environment: from a Component Related to an Interactive Top-down Approach. Indoor Built Environ 2008;17;6:483–495

Bojórquez, G.; Gómez-Azpeitia, L. G.; García-Cueto, O. R.; Ruiz-Torres, R. P.; Luna, A. Temperatura neutral y rangos de confort térmico para exteriores, período cálido en clima cálido seco. Ambiente Construído, v. 10, n. 2, p. 133-146, 2010.

Bonate, P. L. Pharmacokinetic-Pharmacodynamic Modeling and Simulation. 2 ed. New York, Springer, 2011

- Bouden, C.; Ghrab, N. An adaptive thermal comfort model for the Tunisian context: a field study results. *Energy and Buildings* 37 (2005) 952–963
- Boukhris, Y.; Gharbi, L.; Ghrab-Morcos, N. Modeling coupled heat transfer and air flow in a partitioned building with a zonal model: Application to the winter thermal comfort. *BUILD SIMUL* (2009) 2: 67–74
- BRADSHAW, V. *The Building Environment: Active and Passive Control Systems*. 3 ed. New Jersey: John Wiley & Sons 2006.
- Brager, G. S. and de Dear, R. (1998) ‘Thermal adaptation in the built environment: A literature review’, *Energy and Buildings*, vol 27, pp83–96
- Brager, G.; Zhang, H.; Arens, E. (2015) Evolving opportunities for providing thermal comfort, *Building Research & Information*, 43:3, 274-287.
- Brake, D. J.; Bates, G. P. (2002) Limiting Metabolic Rate (Thermal Work Limit) as an Index of Thermal Stress. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 17:3, 176 – 186.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 15. 2. ed. Poder Executivo, Brasília: Secretaria de Inspeção do Trabalho, 2014.
- Brodav, E. E.; Xavier, A. A. P.; Soares, A. L. Thermal suitability in a work environment: Analysis of PMV and PPD. p.211-215. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. *Occupational Safety and Hygiene*. Boca Raton: CRC Press, 2013.
- Bröde, P; Krüger, E. L.; Rossi, F. A.; Fiala, D. Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI—a case study in Southern Brazil. *Int J Biometeorol* (2012) 56:471–480
- Budaiwi, I. M. An approach to investigate and remedy thermal-comfort problems in buildings. *Building and Environment* 42 (2007) 2124–2131
- Buratti, C.; Moretti, E.; Belloni, E.; Cotana, F. Unsteady simulation of energy performance and thermal comfort in non-residential buildings. *Building and Environment* 59 (2013) 482e491
- BURROUGHS, H. E.; HANSEN, S. J. *Managing indoor air quality*. London: Taylor and Francis, 5 ed. 2011.
- Cao, B.; Zhu, Y.; Ouyanga, Q.; Zhou, X.; Huang, L. Field study of human thermal comfort and thermal adaptability during the summer and winter in Beijing. *Energy and Buildings* 43 (2011) 1051–1056
- Cao, J.; Liu, J.; Zhang, C.; Man, X. Research on the Vertical Distribution of Air-Conditioning Load in a Thousand- Meter Scale Megatall Building. IN: LI, Zhu e Li. (eds.), *Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, 77 Ventilation and Air Conditioning, Lecture Notes in Electrical Engineering* 261, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO 2011. Informativo econômico, construção civil: desempenho e perspectivas. Brasília, DF.

Carneiro NBdRF: Controle de produtividade em obras de construção no Brasil - Estudo de Caso. Master of Science. Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil; 2010.

Carvalhais, C. A. A. Contribuição para o Estudo da Tolerância Humana a Ambientes Térmicos Extremos: Ensaio de Validação de Câmara Climática. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2011.

Castilla, M.; Álvarez, J. D.; Normey-Rico, J. E.; Rodríguez, F. Thermal comfort control using a non-linear MPC strategy: A real case of study in a bioclimatic building. *Journal of Process Control*, Volume 24, Issue 6, June 2014, Pages 703–713

Cavalcanti RFV: Uma investigação sobre medidas de desempenho utilizadas pelas empresas de construção civil, subsector edificações, na região metropolitana de Recife. Master of Science. (UnB, UFPE, UFPB e UFRN), 2004.

CERDEIRA, J. P. C. Ambiente térmico na atividade mineira subterrânea. mestrado em engenharia minas e geoambiente, 2012.

Chan, A. P. C.; Yi, W.; Chan, D. W. M.; Wong, D. P. "Using the Thermal Work Limit as an Environmental Determinant of Heat Stress for Construction Workers." *J. Manage. Eng.*, 29(4), 414–423., 2013

Cheng, M.; Hwang, R.; Lin, T. Field Experiments on Thermal Comfort Requirements for Campus Dormitories in Taiwan. *Indoor Built Environ* 2008;17;3:191–202

Cheng, V.; Ng, E.; Chan, C.; Givoni, B. Outdoor thermal comfort study in a sub-tropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. *Int J Biometeorol* (2012) 56:43–56.

CHENG, Y., NIU, J. & GAO, N. 2012. Thermal comfort models: A review and numerical investigation. *Building and Environment*, 47, 10.

CHOI, J., AZIZ, A. & LOFTNESS, V. 2010. Investigation on the impacts of different genders and ages on satisfaction with thermal environments in office buildings. *Building and Environment*, 45, 7.

Chow, T. T.; Fong, K. F.; Givoni, B.; Lin, Z.; Chan, A. L. S. Thermal sensation of Hong Kong people with increased air speed, temperature and humidity in air-conditioned environment. *Building and Environment* 45, (2010), 2177-2183

Christmann, A.; Van Aelst, S. Robust estimation of Cronbach's alpha. *Journal of Multivariate Analysis* 97 (2006) 1660 – 1674

Chung, L. P.; Ahmad, M. H. B.; Ossen, D. R.; Hamid, M. Application of CFD in Prediction of Indoor Building Thermal Performance as an Effective Pre-Design Tool Towards Sustainability. *World Applied Sciences Journal* 30 (Innovation Challenges in Multidisciplinary Research & Practice): 269-279, 2014.

CLEFF, T. Exploratory Data Analysis in Business and Economics - An Introduction Using SPSS, Stata, and Excel. Springer, 2014.

Clements-Croome D: Sustainable intelligent buildings for people: A review. *Intelligent Buildings International* 2011, 3.

Clements-Croome, D. J. The Interaction Between the Physical Environment and People. p. 239-259. IN: Abdul-Wahab, S. A. (ed). Sick Building Syndrome - in Public Buildings and Workplaces. Heidelberg: Springer, 2011

COELHO, D. A. S. Avaliação do Conforto Térmico em salas de aula. Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação. Instituto Politécnico de Viseu. 2014.

Cohen, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2 ed. Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

Cohen, P.; Potchter, O.; Matzarakis, A. Human thermal perception of Coastal Mediterranean outdoor urban environments. *Applied Geography* 37 (2013) 1-10.

Corder. G. W.; Foreman, D. I. Nonparametric statistics: a step-by-step approach. 2 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.

Correia, E. L. S. Modelo térmico aplicado à caracterização do conforto proporcionado pelo vestuário. Universidade do Minho, 2005

COOLICAN, H. Research methods and statistics in psychology. 6 ed. Psychology Press: New York, 2014

Costa, E. Q. da; Baptista, J. S.; Diogo, M. T. Thermal Environment and Productivity in Sedentary Activities. A Short Review. p. 478-483. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. Occupational Safety and Hygiene (SHO 2012). Guimarães: SPOSHO, 2012.

Costa, E. Q. da; Baptista, J. dos S.; Diogo, M. T.; Magalhães, A. B. Ambiente Térmico Quente e o seu impacto na produtividade e sinistralidade. p. 215-219. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. Occupational Safety and Hygiene (SHO 2010). Guimarães: SPOSHO, 2010.

COUTINHO, A. S. Conforto e Insalubridade Termica Em Ambientes de Trabalho. 2 ed. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2005.

COUTINHO, A. S. Proteção contra o calor. p. 209-231. IN: MATTOS, U. A. de O.; MASCULO, F. S. Higiene e segurança do trabalho. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Craighead G: High-Rise Security and Fire Life Safety. Oxford: Elsevier; 2008.

Cunha VJedCe: Produtividade na indústria da construção - Análise da Influência da Especificação de Materiais. Master os Science. Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil; 2011.

Da PIEDADE, A. C., RODRIGUES, A. M.; RORIZ, L. F. Climatização em Edifícios - Envolvente e Comportamento Térmico. 2 ed. Afragide: Orion, 2003.

Dancey, C. P.; Reidy, J. Estatística sem matemática para psicologia. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

DANTAS, J. D. F. 2011. Produtividade da mão de obra - Estudo de caso: métodos e tempos na indústria da construção civil no subsetor de edificações na cidade de João Pessoa- PB. Engenharia, Universidade Federal da Paraíba.

De DEAR, R. 2004. Thermal comfort in practice. *Indoor Air*, 14, 8.

De Vecchi, R. CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO E ACEITABILIDADE DA VELOCIDADE DO AR EM SALAS DE AULA COM VENTILADORES DE TETO PARA O CLIMA DE FLORIANÓPOLIS/SC. Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, 2011.

Deb, C.; Ramachandraiah, A. A simple technique to classify urban locations with respect to human thermal comfort: Proposing the HXG scale. *Building and Environment* 46 (2011) 1321e1328

Deuble, M. P.; De Dear, R. J. (2014) Is it hot in here or is it just me? Validating the post-occupancy evaluation. *Intelligent Buildings International*, 6:2, 112-134

Dias, A. A. C. Avaliação da percepção da influência do conforto térmico na produtividade. Dissertação de Mestrado Mestrado em Engenharia Humana. 2013.

DIEESE 2012. Mercado de trabalho Metropolitano em 2011. Anual. Sistema de Pesquisa de Emprego e Desemprego.

Din, M. F. M.; Lee, Y. Y.; Ponraj, M.; Ossen, D. R.; Iwao, K.; Chelliapan, S. Thermal comfort of various building layouts with a proposed discomfort index range for tropical climate. *Journal of Thermal Biology* 41(2014)6–15

DJONGYANG, N., TCHINDA, R. & NJOMO, D. 2010. Thermal comfort: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 35.

DOANE, D. P. Aesthetic frequency classifications. *American Statistician*, 30, 181-183, 1976.

DOANE, D. P.; SEWARD, L. E. *Applied statistics in business and economics*. 3 ed. New York: The McGraw-Hill, 2011.

Dornelles KA, Roriz M (2004) Thermal inertia, comfort and energy consumption in buildings: a case study in Sao Paulo State-Brasil. *Int J Hous Sci Appl* 28:153–162

DUAN, C., DING, X., SHI, F., XIAO, X. & DUAN, P. 2011. PMV-based Fuzzy Algorithms for Controlling Indoor Temperature. 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA). Beijing.

Ekici, C.; Atilgan, I. A comparison of suit dresses and summer clothes in the terms of thermal comfort. *Journal of Environmental Health Sciences & Engineering* 2013, 11:32.

EMMANUEL, R., ROSENLUNDB, H. & JOHANSSON, E. 2007. Urban shading – a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Climatology*, 27, 10.

- Engvall, K.; Norrby, C.; Sandstedt, E. The Stockholm Indoor Environment Questionnaire: a sociologically based tool for the assessment of indoor environment and health in dwellings. *Indoor Air*, 2004; vol. 14, issue 1. 24–33
- Eston, S. M. (2005). Problemas de conforto termocorporal em minas subterrâneas. *Revista de Higiene Ocupacional*. V.4, pp. 15-17
- Evalo, G., Popov, V., 2006. Computational analysis of wind driven natural ventilation in buildings. *Energy Build.* 38, 491–501.
- FABBRI, K. Indoor Thermal Comfort Perception: A Questionnaire Approach Focusing on Children. Springer, 2015
- FANGER, P. O. Human requirements in future air-conditioned environments. *International Journal of Refrigeration* 24 (2001) 148±153.
- FANGER, P. O. Indoor Air Quality in the 21st Century: Search for Excellence. *Indoor Air* 2000; 10: 68–73
- Fanger PO: Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering. New York: McGraw Hill; 1970.
- Fato, I.; Martellotta, F.; Chiancarella, C. Thermal comfort in the climatic conditions of Southern Italy. *TRANSACTIONS- AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS*; 110; 578-593, 2004.
- Feinberg, M.; Siekpe, J. An Empirical Comparison of Student User-Satisfaction between SPSS and Minitab. *Academic journal article from College Student Journal*, Vol. 37, No. 4. 509-514. 2003.
- FEITOSA, S. N. M. R. 2010. Alterações climáticas em Teresina-PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes. Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Master of Science, Universidade Federal do Piauí.
- Fiedler, N. C.; Venturoli, F.; Minetti, L. J. Análise de fatores ambientais em marcenarias no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.10, n.3, p.679–685, 2006
- FIELD, A. Descobrindo a estatística usando o SPSS, 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- Fischer R: Productivity in the construction industry. University of Pretoria, Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology; 2009.
- Frescata, D.; Simões, H.; Pereira, J.; Ferreira, A.; Figueiredo, J. P. Heat stress for firemen in urban fire—case study Condeixa-a-Nova. P.395-399. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. Occupational Safety and Hygiene II. Boca Raton: CRC Press, 2015.
- Frontczak, M.; Wargocki, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment* 46 (2011) 922-937
- Frota, A. B.; Schiffer, S. R. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. 7 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2006.

Gao Jun-min; Zhang Ke; Pu qing-ping; Zhang Ying. Journal of Central South University, Vol. 16 No. 1, 2009

Ge, C.; Yang, L.; Zhang, Y.; Du, X. Study on Climate Adaptability Design Strategies Based on the Human Body Thermal Comfort: Taking Guanzhong Rural Housing as Example. IN: A. Li et al. (eds.), Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, 77 Ventilation and Air Conditioning, Lecture Notes in Electrical Engineering 261, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

GHADIRI, M. H., IBRAHIM, N. L. N. & DEHNAVI, M. 2011. The Effect of Tower Height in Square Plan Wind catcher on its Thermal Behavior. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5.

GIRIDHARAN, R., GANESAN, S. & LAU, S. S. Y. 2004. Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong. Energy and Buildings, 36, 10.

GOMES, V. A. O PAPEL DAS GALERIAS NO CONFORTO TÉRMICO NOS ESPAÇOS DE USO PÚBLICO DA AVENIDA GUARARAPES NO RECIFE-PE. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2011.

Gonçalves, R.; Guedes, J. C.; Baptista, J. S. Muscle fatigue: Evaluation by electromyography at different thermal environments. P.349-353. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. Occupational Safety and Hygiene II. Boca Raton: CRC Press, 2015.

Gonçalves, S.; Talaia, M. The thermal feeling of a human being can contribute to the definition of a comfortable thermal environment to the animals. p. 97-101. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. Occupational Safety and Hygiene II. Boca Raton: CRC Press, 2014.

González, M.; Machado, M. V.; Barroso, H. Influencia de los flujos energéticos en el bienestar térmico en espacios exteriores. .Rev Tec. Ing. Univ. Zulia. Vol. 25. No 3. 181-189. 2002

Gossauer, E.; Wagner, A. Post-occupancy Evaluation and Thermal Comfort: State of the Art and New Approaches. Advances in building energy research, 2007, VOLUME 1, P.151–175.

Gravetter, F. J.; Wallnau, L. B. Essentials of Statistics for the Behavioral Sciences, 8 ed. Belmont: Cengage Learning, 2011.

Grondzik, W. T.; Kwok, A. G. Mechanical and electrical equipment for buildings. 12 ed. Indianapolis: Wiley, 2015.

Guimarães, L. B. M.; SATTER, M. A. AMARAL, F. G. Ambiente de trabalho. In: Ergonomia de processo, vol 1, (Ed.) : Guimarães, L. B. M. 5 ed. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2004.

Gulyás, A.; Unger, J.; Matzarakis, A. Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements. Building and Environment 41 (2006) 1713–1722.

- HASHIGUCHI, N., FENG, Y. & TOCHIHARA, Y. 2010. Gender differences in thermal comfort and mental performance at different vertical air temperatures. *European journal of applied physiology*, 8.
- Hassaan, A.; Mahmoud, A. Analysis of the microclimatic and human comfort conditions in an urban park in hot and arid regions. *Building and Environment* 46 (2011) 2641-2656
- Hassi, J.; Raatikka, V.; Huurre, M. HEALTH-CHECK QUESTIONNAIRE FOR SUBJECTS EXPOSED TO COLD. *International Journal of Circumpolar Health* 62:4 2003, 436-443.
- Havenith, G. Thermal Conditions Measurement. 60-1 a 60-16. In: (ed). Stanton, N.; Hedge, A.; Brookhuis, K.; Salas, E.; Hendrick, H. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. Boca Raton: CRC Press, 2005
- Havenith, G.; Holmér, I.; Parsons, K. Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production. *Energy and Buildings* 34 (2002) 581-591
- Haya, G.;Nygren, E.; Widmark, W. Metalib and Google Scholar:a user study. *Online Information Review* Vol. 31 No. 3, 2007 pp. 365-375
- Henshaw, V.; Guy, S. Embodied thermal environments: an examination of older-people's sensory experiences in a variety of residential types. *Energy Policy*84(2015)233–240
- HIEN, W. N., JUSUF, S. K., SAMSUDIN, R., ELIZA, A. & IGNATIUS, M. 2011. A Climatic Responsive Urban Planning Model for High Density City: Singapore's Commercial District. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 2, 8.
- Hinton, P. R.; Brownlow, C.;McMurray, I.; Cozens, B. *SPSS Explained*. London: Routledge, 2004.
- HIROKAWA, Y.; HORIE, G. Thermal Sensory Environment and Human Behavior in the Systemof Indoor Living Spaces. *Energy and Buildings*, 4, 1982, 263.276.
- Ho, R. *Handbook of univariate and multivariate data analysis and interpretation with SPSS*. 2 ed. NewYork: Chapman & Hall/CRC, 2013.
- HONG, B.; LIN, B. Numerical study of the influences of different patterns of the building and green space on micro-scale outdoor thermal comfort and indoor natural ventilation. *BUILD SIMUL* (2014) 7: 525–536
- Hong, L.; Xiao-lei, M.; Ya-feng, G. Impact of summer office set air-conditioning temperature on energy consumption and thermal comfort. *Journal of Central South University of Technology*. 2009 16(1) 06-11.
- Hooft, E.; Roelofsen, C.P.G. Healthy investments in HVAC systems. *Journal of Facilities Management*, Vol. 6 No. 1, 2008 pp. 69-79
- HU, Z., YU, B., CHEN, Z., LI, T. & LIU, M. 2012. Numerical investigation on the urban heat island in an entire city with an urban porous media model. *Atmospheric Environment*, 47, 10.
- Huang AL, Chapman RE, Butry DT: Metrics and Tools for Measuring Construction Productivity: Technical and Empirical Considerations. In Book Metrics and Tools for Measuring Construction

Productivity: Technical and Empirical Considerations (Editor ed.^eds.). City: National Institute of Standards and Technology; 2009.

Huang, J. Prediction of air temperature for thermal comfort of people in outdoor environments. *Int J Biometeorol* (2007) 51:375–382

Huang, L.; Zhu, Y.; Ouyang, Q.; Cao, B. A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. *Building and Environment* 49 (2012) 304e309

HUMPHREYS, M. A.; NICOL, J. F. Self-Assessed Productivity and the Office Environment: Monthly Surveys in Five European Countries. *ASHRAE transactions*, p. 606-616, 2007.

Hwang, R.; Lin, T. (2007) Thermal Comfort Requirements for Occupants of Semi-Outdoor and Outdoor Environments in Hot-Humid Regions, *Architectural Science Review*, 50:4, 357-364

Hwang, R.; Lin, T.; Chen, C.; Kuo, N. Investigating the adaptive model of thermal comfort for naturally ventilated school buildings in Taiwan. *Int J Biometeorol* (2009) 53:189–200.

Ibrahim, M.; Ghaddar, N.; Ghali, K. (2012): Optimal location and thickness of insulation layers for minimizing building energy consumption, *Journal of Building Performance Simulation*, 5:6, 384-398.

IIDA, I. *Ergonomia - Projeto e Produção* 2 Ed, 2005

Ijmker, S.; Mikkers, J.; Blatter, B. M.; Beek, A. J.; Mechelen, W.; Bongers, P. M. Test–retest reliability and concurrent validity of a web-based questionnaire measuring workstation and individual correlates of work postures during computer work. *Applied Ergonomics* 39 (2008) 685–696.

Ilangkumaran, M.; Karthikeyan. M.; Ramachandran, T.; Boopathiraja, M.; Kirubakaran, B. Risk analysis and warning rate of hot environment for foundry industry using hybrid MCDM technique. *Safety Science* 72 (2015) 133–143

INCC 2012. *Índice Nacional da Construção Civil*. FGV.

Ingvaldsen T, Lakka A, Nielsen A, Bertelsen NH, Jonsson B: Productivity studies in Nordic building- and construction industry. In *Book Productivity studies in Nordic building- and construction industry* (Editor ed.^eds.). pp. 113. City: Norwegian Building Research Institute; 2004:113.

INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE Térmica de edifícios. Oeiras, Portugal, 1996.

Ismail, A. R.; Jusoh, N.; Makhtar, N. K.; Zakaria, J. S. M.; Zainudin, M. K.; Omar, Z. C.; Ghani, R. A. Assessment of Thermal Comfort: A Study at Closed and Ventilated Call Centre. *American Journal of Applied Sciences* 7 (3): 402-407, 2010

Ismail, A. R.; Rani, M. R. A.; Makhbul, Z. K. M.; Deros, B. M. Assessment of Thermal Comfort and Optimization of Environmental Factors at Automotive Industry. *European Journal of Scientific Research*, Vol.31 No.3 (2009), pp.409-423

ISO 7243 1989. Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature. Genève: International Organization for Standardization.

ISO 7726 1998. Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities. Genève: International Organization for Standardization.

ISO 7730 2005. Ergonomics of the thermal environment -Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genève: International Organization for Standardization.

ISO 7933 2004. Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. Genève: International Organization for Standardization.

ISO 8996 2004. Ergonomics of the thermal environment -- Determination of metabolic rate. Genève: International Organization for Standardization.

ISO 9920 2007. Ergonomics of the thermal environment -- Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Genève: International Organization for Standardization.

ISO 10551 1995. Ergonomics of the thermal environment -- Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Genève: International Organization for Standardization.

ISO 17025 2005. Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração. Genève: International Organization for Standardization.

Issa, M.; Abreu, M. J.; Schacher, L.; Adolphe, D.; Silva, M. E. C. The influence of the sterilisation process on certain thermal properties. *Eur J Appl Physiol* (2004) 92: 673–678

JOHANSSON, E. & EMMANUEL, R. 2006. The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Biometeorology*, 51, 15.

JOHANSSON, E.; THORSSON, S.; EMMANUEL, R.; KRUGER, E. Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – The need for standardization. *Urban Climate* 10 (2014) 346–366

JOHNSON, R.; KUBY, P. *Elementary statistics*. 10 ed. Belmont: Thomson, 2008.

JOSEPH, L. M. 2002. *Skyscrapers: Inside and Out*, New York, Rosen Publishing Group.

KALZ, D. E.; PFAFFEROTT, J. *Thermal Comfort and Energy-Efficient Cooling of Nonresidential Buildings*. Springer, 2014.

Kántor, N.; Égerházi, L.; Unger, J. Subjective estimation of thermal environment in recreational urban spaces—Part 1: investigations in Szeged, Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 2012, Volume 56, Issue 6, p 1075-1088

Karimi S, Gidado K: Factors Influencing Construction Productivity in Afghanistan. In EPPM 2012; Brighton. 2012: 12.

Karjalainen, S. Should it be automatic or manual—The occupant's perspective on the design of domestic control systems. *Energy and Buildings* 65 (2013) 119–126

KARJALAINEN, S. 2011. Thermal comfort and gender: a literature review. *Indoor Air*, 22, 14.

Keim, S. M.; Guisto, J. A.; Sullivan Jr, J. B. Environmental thermal stress. *Ann Agric Environ Med* 2002, 9, 1–15

Kenny, N. A.; Warland, J. S.; Brown, R. D.; Gillespie, T. G. Part A: Assessing the performance of the COMFA outdoor thermal comfort model on subjects performing physical activity. *Int J Biometeorol* (2009) 53:415–428.

Khalil, H. A. E. E.; Khalil, E. E. *Energy Efficiency in the Urban Environment*. Boca Raton: CRC Press, 2015.

Khazaii, J. *Energy-Efficient HVAC Design - An Essential Guide for Sustainable Building*. Springer, 2014.

Knez I, Thorsson S (2006) Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. *Int. J. Biometeorol* 50:258–268

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

Kosonen, R.; Ahola, M.; Villberg, K.; Takki, T. Perceived IEQ Conditions: Why the Actual Percentage of Dissatisfied Persons is Higher than Standards Indicate? p. 75-88. In: Abdul-Wahab, S. A. (ed.). *Sick Building Syndrome in Public Buildings and Workplaces*. Berlin: Springer, 2011.

Kosonen R, Tan F: Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index: *Energ Buildings* 2004;36(10): 987–993.

Kostiainen, T.; Welling, I.; Lahtinen, M.; Salmi, K.; Kähkönen, E. Lampinen, J. (2008): Modeling of Subjective Responses to Indoor Air Quality and Thermal Conditions in Office Buildings, *HVAC&R Research*, 14:6, 905-923

Kroemer, K. H. E.; Kroemer, H. J.; Kroemer-Elbert, K. E. *Engineering Physiology - Bases of Human Factors Engineering/Ergonomics*. 4TH EDITION Springer, 2010.

Krüger, E.; Drach, P.; Emmanuel, R.; Corbella, O. Urban heat island and differences in outdoor comfort levels in Glasgow, UK. *Theor Appl Climatol* (2013) 112:127–141

Krüger, E. L.; Rossi, F. A. Effect of personal and microclimatic variables on observed thermal sensation from a field study in southern Brazil. *Building and Environment* 46 (2011) 690-697

Krüger, E. L.; Minella, F.O.; Rasia, F. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. *Building and Environment* 46 (2011) 621-634

KUEHN, T. H.; RAMSEY, J. W; THRELKELD, J. L. *Thermal environmental engineering*. 3 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

- Kuykendall CJ: Key factors affecting labor productivity in the construction industry. University of Florida, 2007.
- Lan, L.; Lian, Z. Application of statistical power analysis – How to determine the right sample size in human health, comfort and productivity research. *Building and Environment* 45 (2010) 1202–1213
- LAN, L., LIAN, Z., LIU, W. & LIU, Y. 2008. Investigation of gender difference in thermal comfort for Chinese people. *European journal of applied physiology*, 102, 10.
- Lan, L.; Wargocki, P.; Lian, Z. Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. *Energy and Buildings* 43 (2011) 1057–1062
- Langner, N.; Illner, M. Thermische Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730 – Ein Ansatz zur vereinfachten Datenaufnahme und Berechnung für die Bewertung von Bürogebäuden. *Bauphysik*, Volume 37, Issue 3, pages 159–168, June 2015
- LARSON-HALL, J. A Guide to Doing Statistics in Second Language Research Using SPSS. New York: Routledge, 2010
- Law, T. The Future of Thermal Comfort in an Energy-Constrained World. Doctoral Thesis accepted by the University of Tasmania. 2013
- LEE, D. H. Biological Consequences of Environmental Control through Housing. *Environ Health Perspect.* 1975; vol. 10: 225–233.
- Lee H-S, Yu J-H, Kim S-K: Impact of Labor Factors on Workflow. *Journal of Construction Engineering and Management* 2004, 130:6.
- Leech, N. L.; Barrett, K. C.; Morgan, G. A. *SPSS for Intermediate Statistics; Use and Interpretation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2005.
- Lenoir, A.; Thellier, F.; Garde, F. Towards Net Zero Energy Buildings in Hot Climates: Part 2, Experimental Feedback. *ASHRAE Transactions*, Vol. 117 Issue 1, 2011, 458-465.
- Lenzuni P, Freda D, Gaudio MD: Classification of Thermal Environments for Comfort Assessment. *The Annals of Occupational Hygiene* 2009, 53:8.
- Levin, H. 1995. "Physical Factors in the Indoor Environment." in, Seltzer J. (ed.) *Effects of the Indoor Environment on Health, Occupational Medicine: State of the Art Reviews*, Vol. 10, No. 1, January-March, 1995. Philadelphia: Hanley&Belfus, Inc.
- LEVY, P. S.; LEMESHOW, S. *Sampling of populations: Methods and applications*. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- LI, J., WALL, J. & PLATT, G. 2011. HVAC control strategies for thermal comfort and indoor air quality. *International Journal of Advanced Mechatronic Systems*, 3, 9.
- Li, N.; Li, J.; Fan, R.; Jia, H. Probability of occupant operation of windows during transition seasons in office buildings. *Renewable Energy* 73 (2015) 84e91
- LIMONGI-FRANÇA, A. C. 2004. *Qualidade de Vida no Trabalho - QVT*, São Paulo, Atlas.

-
- Lin, T.; Hwang, R.; Huang, K.; Sun, C.; Huang, Y. Passenger thermal perceptions, thermal comfort requirements, and adaptations in short- and long-haul vehicles. *Int J Biometeorol* (2010) 54:221–230.
- Lin, T.; Matzarakis, A.; Hwang, R. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment* 45 (2010) 213–221
- Lin, T.; Tsai, K.; Liao, C.; Huang, Y. Effects of thermal comfort and adaptation on park attendance regarding different shading levels and activity types. *Building and Environment* 59 (2013) 599–611.
- Liss, G. M.; Petsonk, E. L.; Linch, K. D. The construction industry. In: Tarlo, S. M.; Cullinan, P.; Nemery, B. (Edited). *Occupational and Environmental Lung Diseases*. P. 273–289. Chichester: John Wiley & Sons, 2010.
- (a) Liu, H.; Ni, J.; Xing, N.; Han, H. An Investigation and Analysis of Indoor Environment in Air-Conditioned Chinese Ship Vessel Cabins. *Indoor and Built Environment*, 2011, 20: 377
- (b) Liu H, Tan Q, Li B-z, Tan M-l, Ma X-l: Impact of cold indoor thermal environmental conditions on human thermal response. *Journal of Central South University of Technology* 2011, 18:7.
- Liu, J.; Yao, R.; Wang, J.; Li, B. Occupants' behavioural adaptation in workplaces with non-central heating and cooling systems. *Applied Thermal Engineering* 35 (2012) 40e54
- Liu, Y.; Wu, A. D.; Zumbo, B. D. The Impact of Outliers on Cronbach's Coefficient Alpha Estimate of Reliability: Ordinal/Rating Scale Item Responses. *Educational and Psychological Measurement* 70(1) 5–21. 2010
- Liu, W.; Huangfu, H.; Xiong, J.; Deng, Q. Feedback effect of human physical and psychological adaption on time period of thermal adaption in naturally ventilated building. *Building and Environment* 76 (2014) 1–9.
- Lopes RF: Condições de conforto térmico na construção de edifícios. Master of Science. Universidade do Porto, Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais; 2007.
- Lucas, S. S.; Ferreira, V. M.; Barroso de Aguiar, J. L. Latenthe at storage in PCM containing mortars—Study of microstructural modifications. *Energy and Buildings* 66 (2013) 724–731.
- Luo, M.; de Dear, R.; Ji, W.; Lin, B.; Ouyang, Q.; Zhu, Y. The Dynamics of Thermal Comfort Expectations, *Building and Environment* (2015),
- Ma, J.; Li, X.; Zhu, Y. An hourly simulation method for outdoor thermal environment evaluation. *BUILD SIMUL* (2015) 8: 113–122
- Macpherson RK: The Assessment of the Thermal Environment a Review. *British Journal of Industrial Medicine* 1962, 19.
- Maiti, R. PMV model is insufficient to capture subjective thermal response from Indians. *International Journal of Industrial Ergonomics* 44 (2014) 349e361
-

- MALHOTRA, N. K. Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- Makaremi, N.; Salleh, E.; Jaafar, M. Z.; GhaffarianHoseini, A. Thermal comfort conditions of shaded outdoor spaces in hot and humid climate of Malaysia. *Building and Environment* 48 (2012) 7-14.
- Marc, O.; Lucas, F.; Sinama, F.; Monceyron, E. Experimental investigation of a solar cooling absorption system operating without any backup system under tropical climate. *Energy and Buildings* 42 (2010) 774–782
- MARÔCO, J. Análise estatística com o SPSS Statistics. 6 ed. Pêro Pinheiro: Report Number, 2014.
- Marques CC: Indicadores de produtividade: O caso de uma indústria de termoplásticos. Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Produção; 2010.
- MARTINS, A. M. Q. Conforto Térmico na Indústria do Papel. Tese apresentada para obtenção do grau de Mestre Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2011.
- MARTINS, C. Manual de análise de dados quantitativos com recurso ao IBM SPSS: Saber decidir, fazer, interpretar e redigir. Braga: Psiquilibrios edições, 2011.
- MARTINEZ-TEJEDA, A.; GARCIA-CUETO, O. R. A comparative simple method for human bioclimatic conditions applied to seasonally hot/warm cities of Mexico. *Atmósfera* (2002) 15, p. 55-66
- MATIAS, L. M. C. Desenvolvimento de um modelo adaptativo para definição das condições de conforto térmico em Portugal. Tese elaborada no laboratório nacional de Engenharia Civil para obtenção do grau de Doutor na Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010
- Mattila, K.; Li, K.; Pocock, J. (2007, June), Demonstrating Construction Productivity Paper presented at 2007 Annual Conference & Exposition, Honolulu, Hawaii. <https://peer.asee.org/3080>
- Matusiak, M.; Thermal Comfort Index as a Method of Assessing the Thermal Comfort of Textile Materials. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2010, Vol. 18, No. 2 (79) pp. 45-50.
- Mayer H, Höppe P (1987) Thermal comfort of man in different urban environments. *Theor Appl Climatol* 38:43–49
- Mayers, A. Introduction to Statistics and SPSS in Psychology. Pearson Education: Harlow, 2013.
- McIntyre DA. Indoor climate. London: Applied Science Publishers; 1980.
- MEDEIROS, E. G. S. De. ESTUDO TERMOAMBIENTAL EM VIATURAS UTILIZADAS NOS SERVIÇOS DE RADIOPATRULHAMENTO NO ESTADO DA PARAÍBA. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção. João Pessoa, 2014.

Mei-lan, T.; Bai-zhan, L.; Hong, L.; Wen-jie, Z.; Wen-jie, L.; Meng-nan, X. Field experiments on thermal comfort in university dormitories in Chongqing, China. *Journal of central south university of technology*, 16(s1): 55-61, 2009.

MELES, B. A. *Ergonomia Industrial e Conforto Térmico em postos de trabalho*. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro, 2012

MELLO, L. C. B. D. B. 2008. Modernização das pequenas e médias empresas de Construção Civil: impactos dos programas de melhoria da gestão da qualidade. Doutorado, Universidade Federal Fluminense.

MELLO, L. C. B. D. B. & AMORIM, S. R. L. D. 2009. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. *Prod.* [online], 19, 12.

MELLO, F. M.; GUIMARÃES, R. C. *Métodos estatísticos para o ensino e a investigação nas ciências da saúde - com utilização do SPSS*. Lisboa: Sílabo, 2015.

Mendonça, V. L. *Conforto térmico na concepção da forma urbana: O Caso do Porto Olímpico no Rio de Janeiro*. Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2012.

MIGUEL, A. S. S. R. *Manual de higiene e segurança do trabalho*. 13 ed. Porto: Porto Editora, 2014

MILLANVOYE, M. As ambiências físicas no posto de trabalho. p. 75-84. In: FALZON, P. (Org.). *Ergonomia*. 1 ed. São Paulo: Blucher, v. 1, 2007.

Miller VS, Bates GP: The Thermal Work Limit Is a Simple Reliable Heat Index for the Protection of Workers in Thermally Stressful Environments. *The Annals of Occupational Hygiene* 2007, 51:9.

MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. Thermal comfort in undergraduate laboratories - A field study in Kharagpur, India. *Building and Environment* 71 (2014) 223e232

Monteiro, L. F.; Alsina, O. L. S.; Starling, T. H. S.; Mendonça, V. R. Ergonomic analysis based on temperature and thermal stress level. IN: *Occupational Safety and Hygiene II*. (Eds.) Arezes, P. M.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R. B.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. 2013 Taylor & Francis Group, London. P. 217-221

Moço. S. M. O. O (Des)conforto térmico no Verão em Portugal Continental e a Percepção populacional para as alterações climáticas - comportamentos adotados aquando de vagas de calor. Departamento de Ciências Sociais e de Gestão, Doutoramento em Geografia, Lisboa, 2014.

Mohamed S, Srinavin K: Thermal environment effects on construction workers' productivity. *Work study* 2002, 51:7.

- Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D. G. The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7).
- MOLINA, C.; VEAS, L. Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno. *Revista de la Construcción*, Volumen 12 N 22 - 2012, páginas: 27 – 38
- MONTEIRO FILHA, D. C., COSTA, A. C. R. D., FALEIROS, J. P. M. & NUNES, B. F. 2010. Construção civil no Brasil: investimento e desafios. *BNDS*.
- MOON, J. W. Integrated control of the cooling system and surface openings using the artificial neural networks. *Applied Thermal Engineering* 78 (2015) 150e161
- Morgado, M.; Teixeira, L.; Talaia, M. Creating PRODUCTIVE Workers in Industrial Context from the Definition of Thermal Comfort. *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, Vol. 6 No 2, 2015, pp. 75-84
- MORGAN, G. A.; LEECH, N. L.; GLOECKNER, G. W.; BARRETT, K. C. *IBM SPSS for introductory statistics: use and interpretation*. 4 ed. New York: Routledge, 2011.
- Morioka, I.; Miyai, N.; Miyashita, K. Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. *Industrial Health*. 2006 Jul;44(3):474-80.
- Muir, I. H.; Bishop, P. A.; Kozusko, J. (2001) Micro-environment changes inside impermeable protective clothing during a continuous work exposure, *Ergonomics*, 44:11, 953-961.
- Nagano, K.; Horikoshi, T. Development of outdoor thermal index indicating universal and separate effects on human thermal comfort. *Int J Biometeorol* (2011) 55:219–227
- Nagara, K.; Shimoda, Y.; Mizuno, M. Evaluation of the thermal environment in an outdoor pedestrian space. *Atmospheric Environment*, Volume 30, Issue 3, February 1996, Pages 497–505
- Nakano, J.; Tanabe, S. Thermal Comfort and Adaptation in Semi-Outdoor Environments. *ASHRAE Transactions: Symposia*, 2004, 543-553.
- Nazarian, N.; Kleissl, J. CFD simulation of an idealized urban environment: Thermal effects of geometrical characteristics and surface materials. *Urban Climate* 12 (2015) 141–159
- Nehdi, M. L. Only tall things cast shadows: Opportunities, challenges and research needs of self-consolidating concrete in super-tall buildings. *Construction and Building Materials* 48 (2013) 80–90
- Neuhäuser, M. *Nonparametric Statistical Tests - a computational approach*. CRC Press: Boca Raton, 2012
- NIEMELA, R.; RAUTIO, S.; HANNULA, M.; REIJULA, K. Work Environment Effects on Labor Productivity: Na Intervention Study in a Storage Building. *American journal of industrial medicine*, ano 42, p. 328–335, 2002.
- Nikolopoulou, M. Outdoor thermal comfort. *Frontiers in Bioscience* S3, 1552-1568, June 1, 2011

Nilsson, H. O.; Holmér, I. Comfort climate evaluation with thermal manik in methods and computer simulation models. *Indoor Air* 2003; 13: 28–37

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. Da S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. *Revista de Geografia (UFPE)* V. 28, No. 1, 2011. p. 93-109.

Nogueira, J.; Talaia, M. Influence of hot thermal environment in practice of Aerostep. p.91-96. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. *Occupational Safety and Hygiene II*. Boca Raton: CRC Press, 2014.

Norman, G. R.; Streiner, D. L. *Biostatistics: The Bare Essentials*. 4th. Shelton: People's Medical Publishing House-USA, 2014.

Olesen, B. W. International standards for the indoor environment. *Indoor Air* 2004; 14 (Suppl 7): 18–26

Oliveira, A. R. C. S. Avaliação da Incerteza na Determinação dos Índices de Conforto Térmico PMV e PPD. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Universidade de Coimbra. 2008.

Oliveira RRD: Metodologia para melhoria da qualidade e produtividade em obras habitacionais de carácter repetitivo. In *Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional*. Volume 2. Edited by Formoso CT, Ino A. Porto Alegre; 2003: 26: Coletânea HABITARE].

Oliveira, A. V. M.; Gaspar, A. R.; Quintela, D. A. Occupational exposure to cold thermal environments: a field study in Portugal. *Eur J Appl Physiol* (2008) 104:207–214.

Orosa JA, Oliveira AC: A new thermal comfort approach comparing adaptive and PMV models. *Renewable Energy* 2011, 36:6.

Orosa, J. A.; Oliveira, A. C. *Passive Methods as a Solution for Improving Indoor Environments*. London: Springer, 2012.

PAIC 2010. Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2008. IBGE.

Panas A, Pantouvakis JP: Evaluating Research Methodology in Construction Productivity Studies. *The Built & Human Environment Review* 2010, 3.

PANK, W., GIRARDET, H. & COX, G. 2002. Tall buildings and sustainability – Report. Corporation of London. London.

Pantavou, K.; Santamouris, M.; Asimakopoulos, D.; Theoharatos, G. Evaluating the performance of bioclimatic indices on quantifying thermal sensation for pedestrians. *Advances in Building Energy Research*, 2013. Vol. 7, No. 2, 170–185

PARSONS, K. *Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance*. 3th edition, CRC Press, 2014

Passe, U.; Battaglia, F. *Designing Spaces for Natural Ventilation: An Architect's Guide*. New York: Routledge, 2015

- Pereira, L. C. S. Conforto e desconforto térmico numa nave industrial: Estudo exploratório. Universidade de Aveiro. Departamento de Física. 2011.
- PÉREZ-ALONSO, J., CALLEJÓN-FERRE, Á. J., CARREÑO-ORTEGA, Á. & SÁNCHEZ-HERMOSILLA, J. 2011. Approach to the evaluation of the thermal work environment in the greenhouse-construction industry of SE Spain. *Building and Environment*, 46, 10.
- PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. Análise de dados para ciências sociais: a complementariedade do SPSS. 6 ed. Lisboa: Edições Sílabos, 2014.
- PETRI, V. Fotobiologia: conceitos básicos. Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina – Departamento de Dermatologia, 2005. Disponível em: <<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/fotobiologia.html>>. Acesso em: 12. mar 2015.
- Pietrzak, J. Development of high-rise buildings in Europe in the 20th and 21st centuries. *Challenges of Modern Technology*. Volume 6, 2015, 31-38
- PINHEIRO, A. C. Da F. B.; CRIVELARO, M. Conforto ambiental - iluminação, cores, ergonomia, paisagismo e critérios para projetos. São Paulo: Editora Érica, 2014.
- Pitarma RA, Ramos JE, Ferreira ME, Carvalho MG: Computational fluid dynamics: An advanced active tool in environmental management and education. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 2004, 15:9.
- PÖSCHL, U.; KOOP, T. Interactive open access publishing and collaborative peer review for improved scientific communication and quality assurance. *Information Services & Use*, v. 28, n. 2, p. 105–107. 2008.
- Potkanowicz, E. S.; Caine-Bish, N.; Otterstetter, R.; Glickman, E. L. Age Effects on Thermal, Metabolic, and Perceptual Responses to Acute Cold Exposure. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* • Vol. 74, No. 11 • November 2003
- PRIANTO, E. & DEPECKER, P. 2002. Characteristic of airflow as the effect of balcony, opening design and internal division on indoor velocity: A case study of traditional dwelling in urban living quarter in tropical humid region. *Energy and Buildings*, 34, 9.
- Psiloglou, B. E.; Giannakopoulos, C.; Majithia, S.; Petrakis, M. Factors affecting electricity demand in Athens, Greece and London, UK: A comparative assessment. *Energy* 34 (2009) 1855–1863.
- Qin, Y. A review on the development of cool pavements to mitigate urban heat island effect. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52(2015)445–459
- Qiu, G.; Liu, H.; Riffat, S. B. Experimental investigation of a liquid desiccant cooling system driven by flue gas waste heat of a biomass boiler. *International Journal of Low-Carbon Technologies* 2012, 0, 1–8
- Queiroz, M. P. G.; Nääs, I. de A.; Sampaio, C. A. P. Estimating Thermal Comfort for Piglets Considering Ammonia Concentration. *Estimating Thermal Comfort of Piglets Considering*

Ammonia Concentration”. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol. VII, 2005, p. 1-10.

QUESNAY, F. (1766). *Analyse de la formule arithmetique du tableau economique de la distribution des depenses annuelles d’une nation agricole*. *Journal de l’Agriculture, du Commerce & des Finances*, p. 11-41

Rai, A. C.; Lin, C.; Chen, Q. Numerical modeling of particle generation from ozone reactions with human-worn clothing in indoor environments. *Atmospheric Environment* 102 (2015) 145e155´

Ramachandran, K. M.; Tsokos, C. P. *Mathematical statistics with applications*. Elsevier: Burlington, 2009.

Rancura, R. L. *Conforto térmico em espaços externos – feiras livres em Indaiatuba/SP*. Dissertação apresentada à Comissão de Pós- Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Arquitetura e Construção. Campinas, 2011

RASCH, D.; KUBINGER, K. D.; YANAGIDA, T. *Estatísticas em Psicologia Usando R e SPSS*. Chichester: John Wiley& Sons, 2011.

RASLI, A. *Data Analysis and Interpretation - A Handbook for Postgraduate Social Scientists*. Penerbit UTM, 2006

RICHARDSON G.; EICK S.; JONES R. (2005). How is the indoor environment related to asthma?: literature review. *Journal of Advanced Nursing* 52(3), 328–339

Rohdin, P.; Moshfegh, B. Numerical predictions of indoor climate in large industrial premises. A comparison between different k-e models supported by field measurements. *Building and Environment* 42 (2007) 3872–3882

Rodrigues, F. A. G. *Conforto e Stress Térmico: uma Avaliação em Ambiente Laboral*. Universidade de Aveiro Departamento de Física, 2007

Roshan, Gh. R.; Ranjbar, F.; Orosa, J. A. Simulation of global warming effect on outdoor thermal comfort conditions. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7 (3), 571-580, 2010.

Rosecrance, J. C.; Ketchen, K. J.; Merlino, L. A.; Anton, D. C.; Cook, T. M.(2002) 'Test-Retest Reliability of a Self-Administered Musculoskeletal Symptoms and Job Factors Questionnaire Used in Ergonomics Research', *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 17: 9, 613 — 621

ROSSI, F. A. *PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA E DE MODELO PREDITIVO PARA AVALIAÇÃO DA SENSACÃO TÉRMICA EM ESPAÇOS ABERTOS EM CURITIBA*. Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Tecnologia. Área de concentração: Tecnologia e Desenvolvimento. CURITIBA, 2012

- ROSSI, F. A.; KRUGER, E. L.; BRODE, P. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. *Ambiente Construído*, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.
- Rowe, D.; Dinh, C. T. (2001) An Experiment with Hybrid Ventilation: A More Sustainable Approach to Thermal Comfort, *Architectural Science Review*, 44:2, 127-133,
- Rowlinson, S.; YunyanJia, A.; Li, B.; ChuanjingJu, C. Management of climatic heat stress risk in construction: A review of practices, methodologies, and future research. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 66, May 2014, Pages 187–198
- Ruas, A. C. Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software. Tese de Doutorado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área de concentração de Saneamento. Campinas, 2002.
- Ryan, T. P. Sample size determination and power. (2013). Wiley, New Jersey
- Sadeh, T. "Google Scholar Versus Metasearch Systems", *High Energy Physics Libraries Webzine*, issue 12, February 2006. URL: <http://library.web.cern.ch/library/Webzine/12/papers/1/>
- Saari, A.; Aalto, L. (2006) Indoor environment quality contracts in building projects. *Building Research & Information*, 34:1, 66-74
- SACKS, R. & GOLDIN, M. 2007. Lean Management Model for Construction of High-Rise Apartment Buildings. *Journal of Construction Engineering and Management*, 37, 9.
- Saikia, D.; Sarma, U.; Baruah, PKr. Development of an Online Heat Index Measurement System for Thermal Comfort Determination. *MAPAN-Journal of Metrology Society of India*, 2014, 29(1):67–72
- SAILOR, D. J. Risks of summertime extreme thermal conditions in buildings as a result of climate change and exacerbation of urban heat islands. *Building and Environment* 78 (2014) 81e88
- Sampath, M. B.; Aruputharaj, A.; Senthilkumar, M.; Nalankilli, G. Analysis of thermal comfort characteristics of moisture management finished knitted fabrics made from different yarns. *Journal of Industrial Textiles* 42(1) 19–33, 2011
- Sarbu, I.; Sebarchievici, C. Aspects of indoor environmental quality assessment in buildings. *Energy and Buildings* 60 (2013) 410–419
- Sarkar, A. Study of Climate Responsive Passive Design Features in Traditional Hill Architecture of Khyah Village in Hamirpur, Himachal Pradesh, India for Indoor Thermal Comfort. *J. Inst. Eng. India Ser. A* (February–April 2013) 94(1):59–72
- Schellen, L.; Loomans, M. G. L. C.; de Wit, M. H.; Olesen, B. W.; van MarkenLichtenbelt, W. D. The influence of local effects on thermal sensation under non-uniform environmental conditions — Gender differences in thermophysiology, thermal comfort and productivity during convective and radiant cooling. *Physiology&Behavior* 107 (2012) 252–261

SCHELLEN, L., VAN MARKEN LICHTENBELT, W. D., LOOMANS, M. G. L. C., TOFTUM, J. & DE WIT, M. H. 2010. Differences between young adults and elderly in thermal comfort, productivity, and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and a steady-state condition. *Indoor Air*, 20, 11.

Schiassi, L.; Yanagi Junior, T.; Damasceno, F. A.; Saraz, J. A. O.; Amaral, A. G. Thermal-Acoustic Comfort Index for Workers of Poultry Houses Using Fuzzy Modeling. Vol. 4, Issue 9(Version 1), September 2014, pp.60-64

Shelby, L. B. Beyond Cronbach's Alpha: Considering Confirmatory Factor Analysis and Segmentation. *HumanDimensionsofWildlife*, 16:142–148, 2011.

Seppänen, O. A.; Fisk, W. J. Summary of human responses to ventilation. *Indoor Air* 2004; 14 (Suppl 7): 102–118

Sharma, A.; Tiwari, R. Evaluation of data for developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *Environmentalist* (2007) 27:73–81

SHARPE, N. R.; DE VEAUX, R. D.; VELLEMAN, P. F. Estatística aplicada. Porlo Alegre: Bookman, 2011.

Silva AFS: Avaliação da qualidade ambiental interior de um edifício climatizado artificialmente, com ênfase na análise do conforto térmico. Master of Science. Universidade de São Paulo, 2010.

Silva, J. G.; Lima, R. M. A.; Santos, M. B. G.; Araújo, I. F.; Sales, E. S. P. Occupational risks in a workplace of a metallurgical in Paraíba - Brazil. p. 715-719. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. Occupational Safety and Hygiene II. Boca Raton: CRC Press, 2014.

Silva, L. B.; Coutinho, A. S.; Sousa, V. L.; Santos, R. de L.; Melo, M. B. V. de; Vasconcelos, P. É. de M. Promoção do conforto a partir da redução de carga térmica: aplicação de materiais não convencionais em revestimentos de paredes internas de salas de aula do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. p.646-649. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M. P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. Occupational Safety and Hygiene (SHO 2010). Guimarães: SPOSHO, 2010.

Silva LHd, Nascimento ML, Bitoun J: A verticalização no Recife: uma análise do bairro do Prado. In Book A verticalização no Recife: uma análise do bairro do Prado (Editor ed.^eds.). City; 2009.

Simiu, E. Design of buildings for wind - a guide for ASCE 7-10 standard users and designers of special structures. 2 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

Singh, M. K.; Mahapatra, S.; Teller, J. Development of thermal comfort models for various climatic zones of North-East India. *Sustainable Cities and Society* 14 (2015) 133–145.

Siqueira TCPA, Akutsu M, Lopes JIE, Souza HAd: Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações. *Revista Escola de Minas* 2005, 58:6.

SMITH, B. S.; COULL, A. Tall Building Structures: Analysis and Design. JOHN WILEY & SONS. 1991.

Smith C, Levermore G: Designing urban spaces and buildings to improve sustainability and quality of life in a warmer world. *Energy Policy* 2008, 36:4.

Song; B.; Park, K. Contribution of Greening and High-Albedo Coatings to Improvements in the Thermal Environment in Complex Urban Areas. *Advances in Meteorology Volume* 2015.

Sourbron, M.; De Herdt, R.; Van Reet, T.; Van Passel, W.; Baelmans, M.; Helsen, L. Efficiently produced heat and cold is squandered by inappropriate control strategies: A case study. *Energy and Buildings* 41 (2009) 1091–1098.

SOUZA, E. L.; MARINHO, T. B.; SANTOS, R. L. S.; VASCONCELOS, P. E. M.; CAMERINO, D. L.; SILVA, L. B. Procedimentos de regressão robusta para o estudo da relação entre produtividade e conforto térmico. *Revista eletrônica pesquisa operacional para o desenvolvimento. Rio de Janeiro*, v.4, n.2, p.187-199, 2012.

Spagnolo J, de Dear RJ. A field study of thermal comfort in outdoor and semi- outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building Environment*, 2003;38:721-38.

Staiger, H.; Laschewski, G.; Grätz, A. The perceived temperature – a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. *Int J Biometeorol* (2012) 56:165–176

Stathopoulos, T.; Wu, H.; Zacharias, J. Outdoor human comfort in an urban climate. *Building and Environment* 39 (2004) 297–305

STREINU-CERCEL, A., MÂRZA, S. C. M., STREINU-CERCEL, A. & MÂRZA, M. 2008. Models for the indices of thermal comfort. *Jornal of medicine and life*.

Sturges, H. A. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association* 21, 65–66, 1926.

Sun, C. 2011. A street thermal environment study in summer by the mobile transect technique. *Theoretical and Applied Climatology*, 106, 433–442.

Subramanian, A.; Coutinho, A. S.; Silva, L. B. Aplicação de método e técnica multivariados para previsão de variáveis termoambientais e perceptivas. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 052-070, Jan./Abr. 2007

SUN, W.; CHOU, C.; STACY, A. W.; MA, H.; UNGER, J.; GALLAHER, P. SAS and SPSS macros to calculate standardized Cronbach's alpha using the upper bound of the phi coefficient for dichotomous items. *Behavior Research Methods* 2007, 39 (1), 71-81.

SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A.; ANDERSON, D. R. *Estatística aplicada à administração e economia*. 3 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

TAIB, N., ABDULLAH, A., FADZIL, S. F. S. & YEOK, F. S. 2010. An Assessment of Thermal Comfort and Users' Perceptions of Landscape Gardens in a High-Rise Office Building. *Journal of Sustainable Development*, 3, 12.

Talaia, M.; Meles, B.; Teixeira, L. Worker perception in relation to workplace comfort - an evaluation in metalworking industry. p.313-317. In: (ed) Arezes, P.; Baptista, J. S.; Barroso, M.

P.; Carneiro, P.; Cordeiro, P.; Costa, N.; Melo, R.; Miguel, A. S.; Perestrelo, G. P. Occupational Safety and Hygiene. Boca Raton: CRC Press, 2013.

TAN, J., ZHENG, O., TANG, X., GUO, C., LI, L., SONG, G., ZHEN, X., YUAN, D., KALKSTEIN, A. J., LI, F. & CHEN, H. 2010. The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International Journal of Biometeorology*, 54, 10.

Tanabe, S.; Iwahashi, Y.; Tsushima, S.; Nishihara, N. (2013): Thermal comfort and productivity in offices under mandatory electricity savings after the Great East Japan earthquake, *Architectural Science Review*,

Tangen S: Demystifying productivity and performance. *International Journal of Productivity and Performance Management* 2005, 54.

Tao, T.; Li, A.; Qiu, G.; Zhang, J. Field Measurement, Survey and Evaluation on Indoor Thermal Environments in Typical Office Buildings. IN: A. Li et al. (eds.), *Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, 77 Ventilation and Air Conditioning, Lecture Notes in Electrical Engineering* 261, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Taylor, N. A. S.; Caldwell, J. N.; Dyer, R. The physiological demands of horseback mustering when wearing an equestrian helmet. *Eur J Appl Physiol* (2008) 104:289–296

Thiers, S.; Peuportier, B. Energy and environmental assessment of two high energy performance residential buildings. *Building and Environment* 51 (2012) 276-284

Thorsson, S.; Lindqvist, M.; Lindqvist, S. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. *Int J Biometeorol* (2004) 48:149–156

Toftum, J.; Melikov, A.; Tynel, A.; Bruzda, M.; Fanger, P. O. (2003): Human Response to Air Movement—Evaluation of ASHRAE's Draft Criteria (RP-843), *HVAC&R Research*, 9:2, 187-202

Tofetti, M. H. C. Oliveira, V. R. A importância do uso do filtro solar na prevenção do fotoenvelhecimento e do câncer de pele. *Investigação – Revista Científica da Universidade de Franca*. V 6 N. 1, 2006. P. 59-66

Torres, V. F. N.; Singh, R. N. Thermal State and Human Comfort in Underground Mining. p. 589-610. IN: Bernardes, M. A. dos S. (ed.). *Developments in Heat Transfer*. Rijeka; InTech, 2011.

TRIOLA, M. F. *Elementary statistics*. 12. ed. Boston: Pearson, 2012.

Tse, W. L.; So, A. T. P. (2007): The Importance of Human Productivity to Air-Conditioning Control in Office Environments, *HVAC&R Research*, 13:1, 3-21

Tung, C.; Chen, C.; Tsai, K.; Kántor, N.; Hwang, R.; Matzarakis, A.; Tzu-Ping Lin, T. Outdoor thermal comfort characteristics in the hot and humid region from a gender perspective. *Int J Biometeorol* (2014) 58:1927–1939

Tweed, C.; Humes, N.; Zapata-Lancaster, G. The changing landscape of thermal experience and warmth in older people's dwellings. *Energy Policy* 84(2015)223–232

- Ueda, H.; Inoue, Y.; Araki, T.; Matsudaira, M. Clothing microclimate temperatures during thermal comfort in boys, young and older men. *Int J Biometeorol* (1996) 39:127-132
- Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clinica*, 135(11).
- Vanos, J. K.; Warland, J. S.; Gillespie, T. J.; Kenny, N. A. Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for bioclimatic design. *International Journal of Biometeorology* (2010) 54:319–334.
- VOLLMER, M. & MÖLLMANN, K.-P. 2012. Caustic effects due to sunlight reflections from skyscrapers: simulations and experiments. *European Journal of Physics*, 33, 27.
- Wafi SR, Ismail MR, Ahmed EM: A Case Study of the Climate Factor on Thermal Comfort for Hostel Occupants in Universiti Sains Malaysia (USM), Penang, Malaysia. *Journal of Sustainable Development* 2011, 4:12.
- WAGNER, H. The management of heat flow in deep mines. *Mining Report*, Volume 49, Issue 2, pages 88–100, April 2013
- Wagner, H. The management of heat flow in deep mines (part 2). *Geomechanics and Tunnelling* 4 (2011), No. 2, 157-163
- Wang, D.; Federspiel, C. C.; Arens, E. Correlation between temperature satisfaction and unsolicited complaint rates in commercial buildings. *Indoor Air* 2005; 15: 13–18.
- Wang, Z.; Li, A.; Ren, J.; He, Y .Thermal adaptation and thermal environment in university classrooms and offices in Harbin. *Energy and Buildings* 77 (2014) 192–196
- WANG, W.; TIAN, Z. Indoor thermal comfort research on the hybrid system of radiant cooling and dedicated outdoor air system. *Frontiers in Energy*, 2013, vol 7(issue 2): 155–160
- WOLFF, M.; SPÉRANDIO, J. O trabalho em condições extremas. p. 85-95. In: FALZON, P. (Org.). *Ergonomia*. 1 ed. São Paulo: Blucher, v. 1, 2007.
- Wong, L. T.; Mui, K. W. Efficiency assessment of indoor environmental policy for air-conditioned offices in Hong Kong. *Applied Energy* 86 (2009) 1933–1938
- Wong, N. H., Feriadi, H., Lim, P. Y., Tham, K. W., Sekhar, C. & Cheong, K. W. 2002. Thermal comfort evaluation of naturally ventilated public housing in Singapore. *Building and Environment*, 37, 1267–1277.
- Wood A: New paradigms in high rise design. In Book *New paradigms in high rise design* (Editor ed.^eds.). City: Council on Tall Buildings and Urban Habitat; 2004.
- Wood A: Sustainability: a new high-rise vernacular? The structural design of tall and special buildings. *The Structural Design of Tall and Special Buildings* 2007, 16:10.
- Yahia, M. W.; Johansson, E. Evaluating the behavior of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. *Int J Biometeorol* (2013) 57:615–630

-
- Yahia, M. W.; Johansson, E. Landscape interventions in improving thermal comfort in the hot dry city of Damascus, Syria—The example of residential spaces with detached buildings. *Landscape and Urban Planning* 125 (2014) 1–16
- Yan, H.; Fan, S.; Guo, C.; Hu, J.; Don, L (2014) Quantifying the Impact of Land Cover Composition on Intra-Urban Air Temperature Variations at a Mid- Latitude City. *PLoS ONE* 9(7): e102124.
- Yang, W.; Wong, N. H.; Jusuf, S. K. Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. *Building and Environment* 59 (2013) 426-435.
- YAO, R., LI, B. & LIU, J. 2009. A theoretical adaptive model of thermal comfort – Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). *Building and Environment*, 44, 7.
- Ye X, Chen H, Lian Z: Thermal Environment and Productivity in the Factory. *ASHRAE Transactions* 2010, 116:10.
- Yi, X.; Xu, B.; Feng, X. Influence of Indoor Air Environment on Human Dynamic Thermal Comfort. IN: A. Li et al. (eds.), *Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, 77 Ventilation and Air Conditioning, Lecture Notes in Electrical Engineering* 261, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014
- Yin, J.; Zheng, Y.; Wu, R.; Tan, J.; Ye, D.; Wang, W. An analysis of influential factors on outdoor thermal comfort in summer. *Int J Biometeorol* (2012) 56:941–948
- Yin, Y. L.; Wang, R. Z.; Zhai, X. Q.; Ishugah, T. F. Experimental investigation on the heat transfer performance and water condensation phenomenon of radiant cooling panels. *Building and Environment* 71 (2014) 15e23
- Yun, G. Y.; Kong, H. J.; Kim, J. T. The effect of seasons and prevailing environments on adaptive comfort temperatures in open plan offices. *Indoor and Built Environment*, 2012 21: 41.
- ZAKI, S. A., HAGISHIMA, A. & TANIMOTO, J. 2012. Experimental study of wind-induced ventilation in urban building of cube arrays with various layouts. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 103, 10.
- Zeng, Y.; Dong, L. Thermal human biometeorological conditions and subjective thermal sensation in pedestrian streets in Chengdu, China. *Int J Biometeorol* (2015) 59:99–108
- Zhang, H.; Arens, E.; Pasut, W. Air temperature thresholds for indoor comfort and perceived air quality. *BUILDING RESEARCH & INFORMATION* (2011) 39(2), 134–144
- Zhang, H.; Zhao, J.; Liu, X.; Zhang, J.; Tang, H. The Humidification Capacity and Thermal Comfort of the Heating Room in Winter. IN: A. Li et al. (eds.), *Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, 77 Ventilation and Air Conditioning, Lecture Notes in Electrical Engineering* 261, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014
- Zhao, F.; Huang, S.; Shen, P.; Li, Y. Numerical simulation study on the thermal environment in heading face. *Journal of Coal Science and Engineering (China)*, pp 272–276 Vol.16 No.3, 2010
-

Zhao, M.; Gao, C.; Wang, F.; Kuklane, K.; Holmér, I.; Li, J. A study on local cooling of garments with ventilation fans and openings placed at different torso sites. *International Journal of Industrial Ergonomics* 43 (2013) 232e237

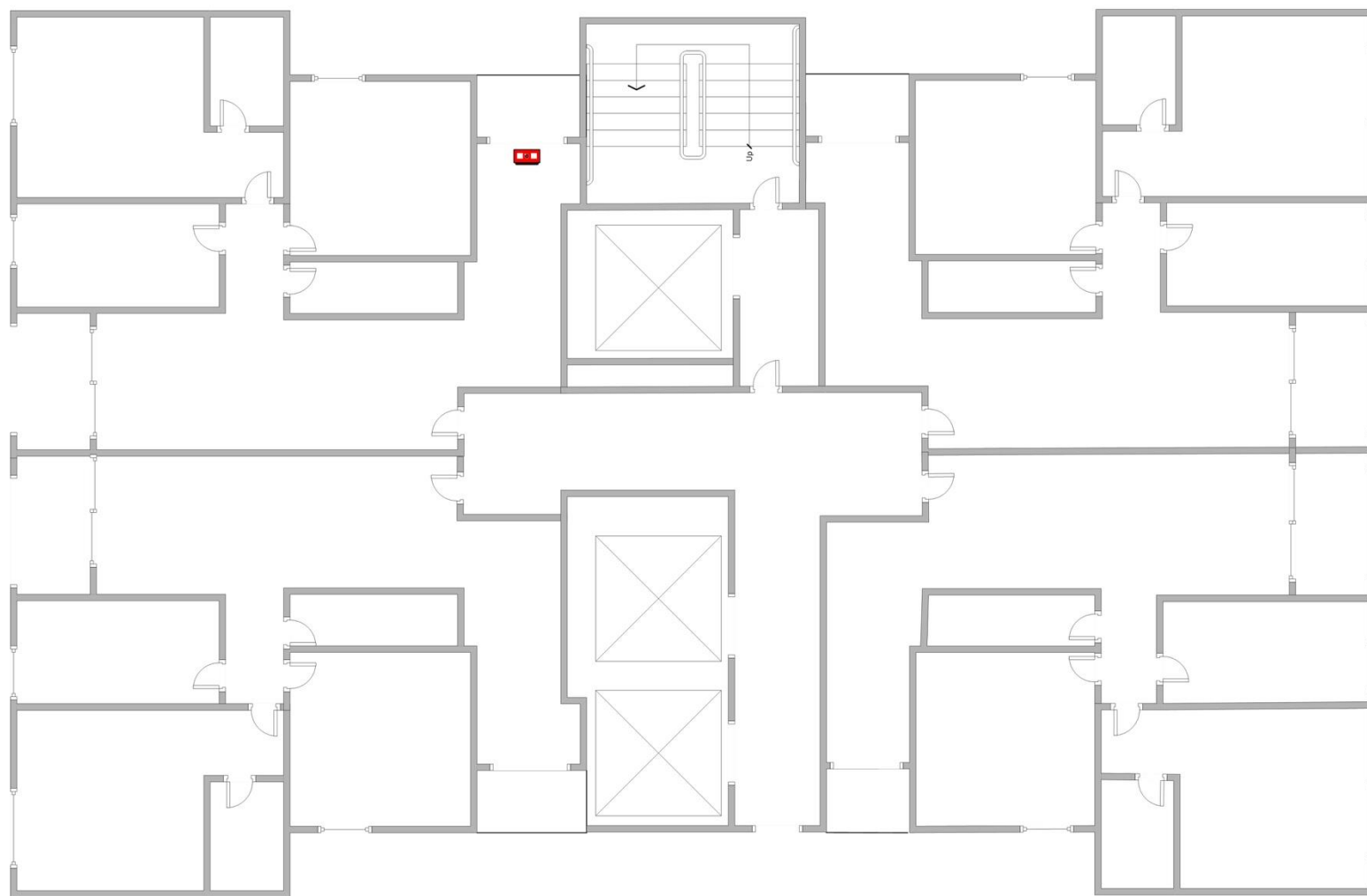
Zhou, Z.; Chen, H.; Deng, Q.; Mochida, A. A Field Study of Thermal Comfort in Outdoor and Semi-outdoor Environments in a Humid Subtropical Climate City. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2013, p.73-79, vol12, no 1.

Zhou, L.; Haghighat, F. Optimization of ventilation system design and operation in office environment, Part I: Methodology. *Building and Environment* 44 (2009) 651–656

Zikmund, W. G.; Babin, B. J. *Essentials of Marketing Research*. 4 ed. Mason: Cengage Learning, 2010.

Zinzi, M. Cool materials and cool roofs: Potentialities in Mediterranean buildings. *Advances in building energy research*, 2010, Vol. 4, p201–266

ANEXO A – Planta baixa do Prédio 1



ANEXO B – Planta baixa do Prédio 2



ANEXO C – Planta baixa do Prédio 3



ANEXO D – Número de classes e sua relação com as variáveis

Variáveis	Intervalo da classe	Número de classes										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Temperatura	Primeiro valor da classe	22,93	23,3664	23,8028	24,2392	24,6756	25,112	25,5484	25,9848	26,4212	26,8576	27,294
	Último valor da classe	23,3664	23,8028	24,2392	24,6756	25,112	25,5484	25,9848	26,4212	26,8576	27,294	27,7304
Umidade	Primeiro valor da classe	72,33	74,0273	75,7246	77,4219	79,1192	80,8165	82,5138	84,2111	85,9084	87,6057	89,303
	Último valor da classe	74,0273	75,7246	77,4219	79,1192	80,8165	82,5138	84,2111	85,9084	87,6057	89,303	91,0003
Idade	Primeiro valor da classe	18	22,454545	26,909090	31,363636	35,818181	40,272727	44,727272	49,181818	53,636363	58,090909	62,545454
	Último valor da classe	22,454545	26,909090	31,363636	35,818181	40,272727	44,727272	49,181818	53,636363	58,090909	62,545454	67,1
Tempo de residência	Primeiro valor da classe	2	7,82	13,64	19,46	25,28	31,1	36,92	42,74	48,56	54,38	60,2
	Último valor da classe	7,82	13,64	19,46	25,28	31,1	36,92	42,74	48,56	54,38	60,2	66,02
Tempo de atividade	Primeiro valor da classe	1	4,182	7,364	10,546	13,728	16,91	20,092	23,274	26,456	29,638	32,82
	Último valor da classe	4,182	7,364	10,546	13,728	16,91	20,092	23,274	26,456	29,638	32,82	36,002
IMC	Primeiro valor da classe	16,4	18,501	20,602	22,703	24,804	26,905	29,006	31,107	33,208	35,309	37,41
	Último valor da classe	18,501	20,602	22,703	24,804	26,905	29,006	31,107	33,208	35,309	37,41	39,511
Altura	Primeiro valor da classe	1,54	1,58	1,62	1,66	1,7	1,74	1,78	1,82	1,86	1,9	1,94
	Último valor da classe	1,58	1,62	1,66	1,7	1,74	1,78	1,82	1,86	1,9	1,94	1,981
Peso	Primeiro valor da classe	52	57,291	62,582	67,873	73,164	78,455	83,746	89,037	94,328	99,619	104,91
	Último valor da classe	57,291	62,582	67,873	73,164	78,455	83,746	89,037	94,328	99,619	104,91	110,201
Vento	Primeiro valor da classe	0	0,0854545	0,1709090	0,2563636	0,3418181	0,4272727	0,5127272	0,5981818	0,6836363	0,7690909	0,8545454
	Último valor da classe	0,0854545	0,1709090	0,2563636	0,3418181	0,4272727	0,5127272	0,5981818	0,6836363	0,7690909	0,8545454	0,941



Prezado Trabalhador, você está sendo convidado para responder um questionário que está inserido em projeto de investigação subordinado ao tema: “**Ambiente térmico como instrumento de gestão na construção em altura**”. Tal projeto tem por objetivo concretizar uma tese do Programa Doutoral de Segurança e Saúde Ocupacionais (DemSSO) da Universidade do Porto, a ser desenvolvida pelo estudante que aplicará o questionário. Caso queira participar, fique à vontade para responder as perguntas, e possuindo alguma dúvida não hesite em perguntar ao estudante. Ressalta-se que todos os dados aqui inseridos são confidenciais, garantindo o seu anonimato, além de que seu auxílio é de suma importância para a realização desse trabalho.

1. Qual é o seu sexo?

() Masculino () Feminino

2. Qual é a sua idade?

_____ anos

3. Qual é a sua data de nascimento?

____/____/____

4. Qual é a sua altura?

_____ metros

5. Qual é a seu peso?

_____ quilos

6. Quais os seus tipos de vestimenta?

7. Qual o tempo que você reside na cidade?

_____ anos

8. Há quanto tempo você atua na empresa?

_____ meses

9. Qual a atividade que você desempenha atualmente?

10. Em média, quantas horas você trabalha semanalmente?

_____ horas

11. Em média, por quanto tempo você está nesse local?

_____ minutos



12. Você possui algum problema de saúde?
() Não possuo problema de saúde () Sim, possuo. Ele é _____
13. Como você está se sentindo no presente momento? Com...
() Muito frio
() Frio
() Um pouco de frio
() Nem frio e nem calor
() Um pouco de calor
() Calor
() Muito calor
14. Como você se sente? Me sinto...
() Confortável
() Um pouco desconfortável
() Desconfortável
() Muito desconfortável
15. Como você preferiria estar se sentindo? Com...
() Muito frio
() Frio
() Um pouco de frio
() Nem frio e nem calor
() Um pouco de calor
() Calor
() Muito calor
16. Levando em consideração apenas sua preferência pessoal, você aceitaria esse ambiente?
() Sim
() Não
17. Esse ambiente na sua opinião é?
() Perfeitamente tolerável
() Um pouco difícil de se tolerar
() Razoavelmente difícil de se tolerar
() Bastante difícil de se tolerar
() Intolerável
18. Qual a sua percepção em relação a temperatura do ar?
() Muito baixa
() Baixa
() Nem baixa e nem alta
() Alta
() Muito alta
-



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

19. Se pudesse modificar a intensidade da temperatura do ar, você a deixaria...

- ☐ Bem menor
- ☐ Menor
- ☐ Não alteraria
- ☐ Maior
- ☐ Bem maior

20. Qual a sua percepção em relação a umidade do ar?

- ☐ Muito baixa
- ☐ Baixa
- ☐ Nem baixa e nem alta
- ☐ Alta
- ☐ Muito alta

21. Se pudesse modificar a intensidade da umidade do ar, você a deixaria...

- ☐ Bem menor
- ☐ Menor
- ☐ Não alteraria
- ☐ Maior
- ☐ Bem maior

22. Qual a sua percepção em relação a radiação solar?

- ☐ Muito baixa
- ☐ Baixa
- ☐ Nem baixa e nem alta
- ☐ Alta
- ☐ Muito alta

23. Se pudesse modificar a intensidade da radiação solar, você a deixaria...

- ☐ Bem menor
- ☐ Menor
- ☐ Não alteraria
- ☐ Maior
- ☐ Bem maior

24. Qual a sua percepção em relação a velocidade do vento?

- ☐ Muito baixa
- ☐ Baixa
- ☐ Nem baixa e nem alta
- ☐ Alta
- ☐ Muito alta



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

25. Se pudesse modificar a intensidade da velocidade do vento, você a deixaria...

- ☐ Bem menor
- ☐ Menor
- ☐ Não alteraria
- ☐ Maior
- ☐ Bem maior

Desde já agradeço a colaboração e fico ao dispor de maiores info
